

ÁREA METROPOLITANA DE CLEVELAND-ELYRIA (MSA) INTEGRAL PLAN DE ACCIÓN CLIMÁTICA

PREPARADA PARA:
Climate Pollution Reduction Grant Program
U.S. Environmental Protection Agency

Tabla de Contenido

- Tabla de Contenido 2
- Lista de Tablas..... 6
- Lista de Figuras 8
- Agradecimientos 9
- Lista de Acrónimos 11
- Resumen Ejecutivo 14
- 1. Introducción 17
 - 1.1. Descripción general de la subvención para la reducción de la contaminación climática..... 17
 - 1.2. Propósito y alcance del CCAP 18
 - 1.3. Marco de descarbonización 19
 - 1.4. Contexto de MSA..... 20
 - 1.4.1. Demografía 21
 - 1.4.2. Características Económicas 21
 - 1.4.3. Patrones de Asentamiento 22
 - 1.5. Enfoque para el desarrollo del CCAP 23
 - 1.5.1. Ciudad de Cleveland 23
 - 1.5.2. NOACA 24
 - 1.5.3. Condado de Cuyahoga 24
 - 1.5.4. Equipo del Marco Regional de Descarbonización de Cleveland (CRDF) 25
 - 1.6. Participación del Público y de las Partes Interesadas 25
 - 1.6.1. Ciudad de Cleveland 25
 - 1.6.2. Condado de Cuyahoga 27
 - 1.6.3. NOACA 29
- 2. Inventario de gases de efecto invernadero (GEI) del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria 34
 - 2.1. Descripción general del inventario..... 34
 - 2.2. Metodología de inventario 35
 - 2.3. Protocolo de emisiones regionales 36
 - 2.4. Metodología de recopilación de datos y detalles de la fuente de datos 36
 - 2.5. Fuentes y actividades..... 39
 - 2.6. Año de referencia 41
 - 2.7. Métodos de cuantificación..... 41
 - 2.8. Tendencias de las emisiones de GEI del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria: 2018 a 2022 55
 - 2.9. Próximos pasos del inventario de GEI 56
- 3. Objetivos de reducción de GEI a corto y largo plazo 58
 - 3.1. Alineación de objetivos 58
 - 3.2. Reflejar la ciencia del cambio climático 59
 - 3.3. Coincidir con las tendencias de reducción de emisiones..... 59
 - 3.4. Relación costo-beneficio de los objetivos 60
- 4. Impactos del cambio climático en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria 62

4.1.	Impactos observados del cambio climático en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria.....	62
4.2.	Peligros climáticos prioritarios e impactos del proyecto en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria	64
4.3.	Grupos de población vulnerables	67
5.	Costos de la inacción climática para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria	72
5.1	Principales riesgos y amenazas de la inacción.....	72
5.2.	Cuantificación de los costos de la inacción.....	73
6.	Proyecciones de negocios habituales (BAU)	76
6.1.	Metodologías de proyecciones BAU	76
6.2.	Resultados de las proyecciones de BAU	76
7.	Medidas de reducción de emisiones de GEI	80
7.1.	Resumen de las medidas de reducción de emisiones.....	80
7.2.	Sector Eléctrico	95
7.2.1.	Contexto de MSA	95
7.2.2.	Desafíos y obstáculos para la descarbonización del sector eléctrico.....	97
7.2.3.	Historias de éxito y oportunidades locales.....	98
7.2.4.	Las medidas de reducción de emisiones del sector eléctrico.....	99
7.2.4.1	Descarbonizar la electricidad comprada.....	99
7.2.4.2.	Modernización de la red.....	100
7.2.4.3.	Eficiencia energética	101
7.2.4.4.	Generación de energía solar dentro del MSA.....	101
7.2.4.5.	Energía térmica distrital	103
7.2.4.6.	Almacenamiento de energía de larga duración	103
7.2.4.8.	Energía nuclear	105
7.2.4.9.	Energía eólica marina.....	106
7.2.4.10	Generación de electricidad geotérmica	106
7.2.5.	Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del sector eléctrico.....	107
7.3.	Sector energético residencial y comercial	108
7.3.1.	Contexto de MSA	108
7.3.2.	Desafíos y obstáculos para la descarbonización de los edificios	111
7.3.3.	Historias de éxito y oportunidades locales por edificios	113
7.3.4.	Las medidas de reducción de emisiones del energético residencial y comercial	114
7.3.4.1.	Reformas de eficiencia energética en edificios existentes.....	115
7.3.4.2.	Integración de electrificación y energías renovables.....	116
7.3.4.3.	Nueva construcción de alto rendimiento	116
7.3.4.4.	Construcción con bajas emisiones de carbono incorporadas	117
7.3.4.5.	Edificios interactivos con la red y flexibilidad de la demanda.....	118
7.3.4.6.	Opciones para financiar medidas energéticas residenciales y comerciales	118
7.3.5.	Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del energético residencial y comercial.....	119
7.3.6.	Análisis de la fuerza laboral de las medidas de reducción de emisiones del energético residencial y comercial.....	121
7.4.	Sector de Energía Industrial e IPPU	122
7.4.1.	Contexto de MSA	122
7.4.2.	Desafíos y obstáculos para la descarbonización industrial.....	123

7.4.3.	Historias de éxito y oportunidades locales.....	124
7.4.4.	Las medidas de reducción de emisiones del sector de energía industrial e IPPU	125
7.4.4.1.	Eficiencia energética industrial.....	125
7.4.4.2.	Eficiencia de procesos y materiales.....	126
7.4.4.3.	Electrificación industrial	128
7.4.4.4.	Combustibles alternativos.....	130
7.4.4.5.	Captura, Utilización y Secuestro de Carbono (CCUS).....	130
7.4.5.	Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del sector de energía industrial e IPPU.....	134
7.5.	Sector de transporte y fuentes.....	136
7.5.1.	Contexto de MSA	136
7.5.2.	Desafíos y obstáculos para la descarbonización del transporte	138
7.5.3.	Historias de éxito y oportunidades locales.....	139
7.5.4.	Las medidas de reducción de emisiones de fuentes móviles y de transporte	141
7.5.4.1.	Transición hacia vehículos y combustibles más limpios.....	141
7.5.4.2.	Estrategias de reducción de VMT a corto plazo (2025-2030)	148
7.5.4.3.	Estrategias de reducción de VMT a mediano plazo (2030-2040).....	154
7.5.4.4.	Estrategias de reducción de VMT a largo plazo (2040-2050)	157
7.5.4.5.	Oportunidades de desarrollo orientado al tránsito (DOT)	159
7.5.5.	Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del sector de transporte y fuentes móviles	163
7.5.5.1.	Reducción de emisiones de GEI del transporte y fuentes móviles.....	163
7.5.5.2.	Cobeneficios de las medidas de transporte y fuentes móviles.....	164
7.6.	Sector de gestión de residuos y materiales	167
7.6.1.	Contexto de MSA	167
7.6.2.	Desafíos y obstáculos para la descarbonización del residuos	167
7.6.3.	Historias de éxito y oportunidades locales.....	168
7.6.4.	Las medidas de reducción de emisiones del sector de gestión de residuos y materiales.....	168
7.6.4.1.	Residuos sólidos.....	168
7.6.4.2.	Agua y aguas residuales	170
7.6.4.3.	HFC (refrigerantes).....	171
7.6.5.	Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones de la gestión de residuos y materiales.....	172
7.7.	Sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)	172
7.7.1.	Contexto de MSA	172
7.7.2.	Desafíos y obstáculos para la descarbonización del AFOLU.....	174
7.7.3.	Historias de éxito y oportunidades locales.....	175
7.7.4.	Las medidas de reducción de emisiones del sector AFOLU	175
7.7.4.1.	Restauración de ecosistemas naturales	175
7.7.4.2.	Prácticas agrícolas.....	177
7.7.4.3.	Creación y protección de sumideros de tierra.....	178
7.7.5.	Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del Sector AFOLU	181
7.7.5.2.	Cobeneficios de las medidas AFOLU.....	183
8.	Análisis de beneficios del Área Metropolitana de Cleveland- Elyria	185

8.1. Estimaciones cuantificadas de las reducciones de co-contaminantes.....	185
8.2. Beneficios adicionales	190
8.3. Posibles desventajas de las medidas de reducción de emisiones para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria.....	193
9. Análisis de beneficios para comunidades de bajos ingresos y desfavorecidas (LIDAC)	197
9.1. Análisis de beneficios para comunidades de bajos ingresos y desfavorecidas (LIDAC).....	197
9.2. Participación significativa del LIDAC	201
9.2.1. Participación del LIDAC de la ciudad de Cleveland.....	201
9.2.2. Participación del LIDAC de NOACA	205
9.2.3. Participación del LIDAC del Condado de Cuyahoga.....	206
9.2.4. Integrar los comentarios del LIDAC en el desarrollo del CCAP.....	207
9.3. Análisis de beneficios y desventajas de las medidas de reducción de emisiones para LIDAC	209
9.3.2. Desventajas de las medidas de reducción de emisiones para LIDAC	211
10. Autoridad para implementar medidas de reducción de emisiones	214
10.1. Jurisdicción estatal y federal	215
10.2. Oportunidades para políticas locales y colaboración regional	215
10.3. Oportunidades para expandir la autoridad local	216
11. Intersección con otras fuentes de financiación disponibles.....	219
12. Análisis de la planificación de la fuerza laboral.....	221
12.1. Análisis de la oferta de fuerza laboral.....	221
12.2. Cómo abordar la escasez de personal para la implementación de las medidas del CCAP.....	225
12.2.1. Alinear los programas de formación con las ocupaciones de alto crecimiento en el sector del clima	225
12.2.2. Aumentar el acceso a la formación y al empleo para las poblaciones marginadas.....	225
12.2.3. Creación de una entidad coordinadora regional para el desarrollo de la fuerza laboral climática.....	226
12.2.4. Involucrar a los empleadores en modelos de fuerza laboral escalables	226
12.2.5. Integración de los resultados de la fuerza laboral en las inversiones públicas y filantrópicas.....	227
12.2.6. Pilotaje y ampliación de programas de capacitación sectoriales	227
13. Conclusión	229
Notas finales.....	231

Lista de Tablas

Tabla 1: Principios de la descarbonización

Tabla 2: Tipología de comunidades en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Tabla 3: Valores del potencial de calentamiento global

Tabla 4: Fuentes de datos de energía con estimación aplicada

Tabla 5: Factores de emisión para el consumo de electricidad

Tabla 6: Fuentes de datos de aguas residuales con estimación aplicada

Tabla 7: Fuente vs. Actividad de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Tabla 8: Fuentes y actividades de emisiones por sector de inventario

Tabla 9: Resultados del inventario del Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland- Elyria de 2022

Tabla 10: Inventario de emisiones del condado de Cuyahoga de 2022

Tabla 11: Inventario de emisiones del condado de Geauga de 2022

Tabla 12: Inventario de emisiones del condado de Lake de 2022

Tabla 13: Inventario de emisiones del condado de Lorain de 2022

Tabla 14: Inventario de emisiones del condado de Medina de 2022

Tabla 15: Se evalúan objetivos de reducción de emisiones a corto plazo para el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Tabla 16: Riesgos climáticos prioritarios para el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland- Elyria

Tabla 17: Clasificación de factores de inundación para los condados del Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Tabla 18: Porcentaje de trabajadores al aire libre por condado

Tabla 19: Distribución de los grupos de población vulnerables al clima por condado

Tabla 20: Costos sociales de la inacción climática para el Área Metropolitana de Cleveland- Elyria

Tabla 21: Emisiones de GEI del escenario BAU para el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria, 2030-2050

Tabla 22: Medidas de reducción de emisiones con reducciones de GEI, 2030 y 2050

Tabla 23: Reducciones de GEI desde la línea base de 2018 por sector de emisiones

Tabla 24: Panorama general de las medidas de reducción de emisiones

Tabla 25: Análisis de costo-beneficio de las medidas del sector energético residencial y comercial

Tabla 26: Reducciones de emisiones de GEI por subsector industrial

Tabla 27: Beneficios colaterales anuales de las medidas del sector industrial para la calidad del aire (2050)

Tabla 28: Medidas de reducción de GEI de fuentes de transporte y móviles por segmento

Tabla 29: Beneficios colaterales de las medidas del sector de transporte y fuentes móviles para la calidad del aire

Tabla 30: Beneficios colaterales de la reducción de VMT para la seguridad vial en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Tabla 31: Beneficios colaterales de la reducción de VMT para la actividad física en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Tabla 32: Beneficios colaterales de las medidas del sector de gestión de residuos y materiales para la calidad del aire

Tabla 33: Reducciones de GEI mediante medidas del sector AFOLU

Tabla 34: Reducciones combinadas de co-contaminantes de todas las medidas por condado

Tabla 35: Reducciones de co-contaminantes gracias a medidas de electricidad limpia por condado

Tabla 36: Reducciones de co-contaminantes a partir de medidas de construcción por condado

Tabla 37: Reducciones de co-contaminantes de las medidas industriales por condado

Tabla 38: Reducciones totales de co-contaminantes derivadas de medidas de transporte por condado

- Tabla 39: Reducciones totales de co-contaminantes derivados de medidas de gestión de residuos y materiales por condado
- Tabla 40: Reducciones detalladas de co-contaminantes de grandes emisores por condado
- Tabla 41: Beneficios totales para la salud relacionados con la calidad del aire de todas las medidas del CCAP
- Tabla 42: Beneficios y desventajas de las medidas por sector
- Tabla 43: Valor total de los beneficios colaterales de la reducción de VMT para seguridad vial y actividad física (millones de dólares de 2023, valor actual neto)
- Tabla 44: Distribución de los tramos censales de LIDAC por condado
- Tabla 45: Barrios de Cleveland con las mayores concentraciones de desventaja
- Tabla 46: Ciudades fuera de Cleveland con las mayores concentraciones de LIDAC
- Tabla 47: Áreas censales del Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria que superan siete categorías de CEJST
- Tabla 48: Tractos censales en o por encima del percentil 90 para al menos 12 SI de EJScreen
- Tabla 49: Prioridades y preocupaciones de la comunidad de LIDAC derivadas de la participación comunitaria
- Tabla 50: Resumen de los beneficios de las medidas de reducción de emisiones para los LIDAC
- Tabla 51: Los beneficios colaterales de las medidas industriales en tractos censales LIDAC y no LIDAC para la calidad del aire
- Tabla 52: Excedente y escasez de la fuerza laboral por ocupación para medidas de reducción de GEI en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Lista de Figuras

Figura 1: Emisiones Totales Regionales de GEI en 2022 por Sector

Figura 2: Relación de los Inventarios de Emisiones de las Operaciones Regionales y Gubernamentales Figura 3: Fuentes y Actividades de Emisiones por Alcance del GPC

Figura 4: Emisiones de GEI del Condado de Cuyahoga en 2022 por Sector Figura 5: Emisiones de GEI del Condado de Geauga en 2022 por Sector Figura 6: Emisiones de GEI del condado de Lake en 2022 por Sector Figura 7: Emisiones de GEI del condado de Lorain en 2022 por Sector Figura 8: Emisiones del Condado de Medina en 2022 por Sector

Figura 9: Fuentes de Reducción de Emisiones de GEI en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria, de 2018 a 2022

Figura 10: Distribución de las Temperaturas Medias Anuales en el Escenario de Bajo Calentamiento Figura 11: Distribución de las Temperaturas Medias Anuales en el Escenario de Alto Calentamiento

Figura 12: Proyección del Número de Días con temperaturas de 95 °F (35 °C) al año para el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Figura 13: Humo de incendios forestales canadienses en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria, junio de 2023

Figura 14: Puntuaciones del índice de vulnerabilidad climática por sector censal

Figura 15: Número total de trabajadores al aire libre por condado

Figura 16: Cambio en las zonas de rusticidad de las plantas en diferentes escenarios climáticos

Figura 17: Emisiones de GEI del escenario BAU para el Área Metropolitana de Cleveland- Elyria, 2018-2050 Figura 18: Reducciones proyectadas de GEI a partir de medidas por sector, 2025-2050

Figura 19: Consumo de electricidad por condado y sector (2022)

Figura 20: Inventario de edificios residenciales por condado en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Figura 21: Edad de los edificios residenciales en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Figura 22: Porcentaje de gas natural para calefacción residencial por condado

Figura 23: Áreas censales en o por encima del percentil 90 para la carga energética del hogar

Figura 24: Grandes emisores industriales en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland- Elyria Figura 25: Emisiones industriales por subsector para Cleveland-Elyria MSA

Figura 26: Árbol de toma de decisiones de electrificación Figura 27: Principales centros de empleo regionales de NOACA

Figura 28: Superávit/déficit anual de la carga pública de vehículos eléctricos (bonos GO)

Figura 29: Superávit/déficit anual de la carga pública de vehículos eléctricos (bonos de ingresos) Figura 30: Red de modelos de niveles de estrés del tráfico de bicicletas de la NOACA

Figura 31: Proyectos de bicicletas existentes y planificados Figura 32: Proyectos de mejora peatonal

Figura 33: Las seis E de la seguridad del transporte

Figura 34: Ciudad de Cleveland: Índice de la ciudad en 15 minutos Figura 35: Corredores TOD del condado de Cuyahoga

Figura 36: Emisiones de GEI del sector de gestión de residuos y materiales por condado (2022)

Figura 37: Cuencas hidrográficas y parques importantes en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Figura 38: Cobeneficios de las medidas de reducción de emisiones en todos los sectores

Figura 39: Áreas censales de LIDAC en el Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria

Figura 40: ¿Cuáles son los principales beneficios de la acción climática? (Ciudad de Cleveland)

Figura 41: ¿Cuáles son los impactos del cambio climático que más le preocupan? (Ciudad de Cleveland)

Figura 42: ¿Qué impactos del cambio climático le preocupan más? (NOACA)

Figura 43: Modelo de existencias y flujos para proyecciones de la oferta de la fuerza laboral

Agradecimientos

Ciudad de Cleveland

Justin M. Bibb,
Alcalde de Cleveland

Sarah O'Keeffe,
Director de Sostenibilidad y
Justicia Climática

Tim Kovach,
Estratega de Descarbonización

Anand Natarajan,
Subdirector de Sostenibilidad y
Justicia Climática

Anna Zaremba,
Gerente de Sostenibilidad de
Soluciones Basadas en la
Naturaleza

Philena Seldon,
Gerente de Educación y Difusión,
Sostenibilidad

Brittany Montgomery,
Responsable de Información
Pública, Sostenibilidad

Cedric Tucker,
Pasante de Descarbonización

Consultoría de Economías Sostenibles

Elizabeth Schuster,
Economista Ambiental y Director
Ejecutivo

Free By Design, Inc.

Bianca Butts,
Consultor

NOACA

Grace Gallucci,
Director Ejecutivo y Director
Ejecutivo Principal

Joe MacDonald,
Director de Planificación
Estratégica y Ambiental

Danielle Render,
Director de Asuntos Públicos

Deb Wordell,
Director de Finanzas

Lindy Burt,
Director de Servicios
Administrativos

Bev Burtzlaff,
Director Asociado de Asuntos
Gubernamentales

Pamela Davis,
Planificador Senior de Calidad
del Agua

Sarah Stanzi,
Planificador de Calidad del
Agua

Ashleigh Dennis,
Planificador de Viajes
Compartidos y Calidad del Aire

Kirk Kallenborn,
Planificador de Políticas
Climáticas y de Calidad del Aire

Derek Taylor,
Gerente de Modelado de
Transporte

Socios Comunitarios de

Joel Ratner

Joel Ratner, Director Ejecutivo

Condado de Cuyahoga

Chris Ronayne,
Ejecutivo del Condado

Jenita McGowan,
Jefa Adjunta de Sostenibilidad y
Clima

Melanie Knowles,
Director de Sostenibilidad y Clima

Equipo del Marco Regional de Descarbonización de Cleveland (CRDF)

Universidad Case Western Reserve

Grant Goodrich,
Director Ejecutivo,
Instituto de Energía de los
Grandes Lagos

Rosalind Madorsky,
Gerente de Programa,
CRDF

Cyrus Taylor,
Albert A. Michelson
Profesor de Física

Matthew Hodgetts,
George B. Mayer profesor
asistente visitante en Estudios
Urbanos y Ambientales

Cassi Pittman Claytor,
Profesora Asociada de
Sociología

Mark Green,
Investigador Asociado Sénior,
Departamento de Ciencias de la
Tierra, Ambientales y Planetarias

Taige Li,
Estudiante de Maestría,
Departamento de Física

Michael Kovalik,
Asistente de Investigación

Sophie Dasko,
Asistente de Investigación

Vivian Cox,
Asistente de Investigación

Carter Graefnitz,
Asistente de Investigación

Sachin Rao,
Asistente de Investigación

Anastasia Frank,
Asistente de Investigación,
Instituto de Energía de los
Grandes Lagos

Reema Sen,
Estudiante de Doctorado,
Departamento de Sociología

Trinidi Foster,
Asistente de Investigación,
Departamento de Sociología

Akelo Costa,
Asistente de Investigación,
Departamento de Ciencias de la
Tierra, Ambientales y Planetarias

Ella Clifford,
Asistente de Investigación,
Departamento de Ciencias
de la Tierra, Ambientales y
Planetarias

Preetham Chavala,
Asistente Graduado,
Centro Fowler

Sravani Sanam,
Asistente de Posgrado,
Centro Fowler

Supriya Kodavati,
Asistente de posgrado,
Centro Fowler

Tejaswi Udara,
Asistente de posgrado,
Centro Fowler

Vijaya Lakshmi Vootla,
Asistente de Posgrado,
Centro Fowler

Jeri Avery,
Estudiante de Derecho,
Universidad de Akron

Cleveland State University

Andrew Thomas,
Ejecutivo residente en
el Centro de Política
Energética

Mark Henning,
Supervisor de Investigación
en el Centro de Política
Energética

Tessa Rosenberger,
Investigador postdoctoral en el
Centro de Política Energética

Universidad Estatal de Kent

Adil Sharag-Eldin,
Profesor Asociado, Ciencias
de la Arquitectura

Terry Schwarz,
Director, Colaboración de
Diseño Urbano de Cleveland
(CUDC)

Maira Faria,
Diseñador urbano, CUDC

Elizabeth Ellis,
Diseñador Urbano Sénior,
CUDC

Lindsay Busby,
Asistente de Investigación,
Programa de Arquitectura
Paisajista

Julia Kenny,
Asistente de Investigación,
Programa de Arquitectura,
Facultad de Arquitectura y
Diseño Ambiental

Hemanth Kondakinda,
Asistente de Investigación
Programa de Ciencia de
Datos

Morgan Mackey,
Asistente de Investigación,
Programa de Arquitectura
Paisajista, Facultad de
Arquitectura y Diseño
Ambiental

Lista de Acrónimos

- AFOLU: Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
- ASHRAE: Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
- BAU: Negocios como Siempre
- BESS: Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías
- BEVs: Vehículos Eléctricos de Batería
- BF-BOF: Alto Horno-Horno Básico de Oxígeno
- BLS: U.S. Bureau of Labor Statistics
- BRT: Autobús de Tránsito Rápido
- CAFE: Economía de Combustible Promedio Corporativa
- CAP: Plan de Acción Climática
- CBOs: Organizaciones Comunitarias
- CCA: Agregación de Elección Comunitaria
- CCAP: Plan Integral de Acción Climática
- CCUS: Captura, Secuestro y Utilización de Carbono
- CEJST: Herramienta de evaluación de la justicia climática y económica
- CH₄: Metano
- CHP: Calor y Energía combinados
- CO₂: Dióxido de Carbono
- COBRA: Herramienta de Detección y Mapeo de Impactos en la Salud de la Evaluación de Riesgos de CO- Beneficios (COBRA)
- C-PACE: Propiedad Comercial Evaluada como Energía Limpia
- CPP: Poder Público de Cleveland
- CPRG: Subvención para la Reducción de la Contaminación Climática
- CRDF: Equipo del Marco Regional de Descarbonización de Cleveland
- CRVA: Evaluación del Riesgo Climático y la Vulnerabilidad
- CSU: Cleveland State University
- CTC: Coalición de Árboles de Cleveland
- CVNP: Parque Nacional del Valle de Cuyahoga
- CWRU: Universidad Case Western Reserve
- DAC: Captura directa de Aire
- DERs: Recursos Energéticos Distribuidos
- DOAS: Sistemas de Aire Exterior Dedicados
- DOE: Departamento de Energía de los Estados Unidos
- EAF: Horno de Arco Eléctrico
- EER: Investigación sobre Energía Evolucionada
- EJScreen: Herramienta de Detección y Mapeo de la Justicia Ambiental
- EVs: Vehículos Eléctricos
- FBCs: Códigos basados en Formularios
- FCVs: Vehículos de Pila de Combustible (de Hidrógeno)
- FLIGHT: Herramienta de Información sobre Gases de Efecto Invernadero a Nivel de Instalación
- GCRTA: Autoridad de Tránsito Regional de la Gran Cleveland
- GDP: Producto Interno Bruto
- GGRF: Fondo de Reducción de Gases de Efecto Invernadero
- GHG: Gases de Efecto Invernadero
- GHGRP: Programa de Informes de Gases de Efecto Invernadero
- GOB: Bono de Obligación General
- GPC: Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria
- GW: Gigavatios
- GWP: Potencial de Calentamiento Global
- H₂: Hidrógeno
- H₂DRI: Reducción Directa Basada en Hidrógeno
- HEAT: Herramienta de Evaluación Económica de la Salud
- HEEHRA: Programa de Reembolso de la Ley de Viviendas Eléctricas de Alta Eficiencia
- HFCs: Hidrofluorocarbonos
- HOMES: Programa de Reembolsos por Eficiencia Energética del Hogar
- HVAC: Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado

- IAC: Centro de Evaluación Industrial
- ICEV: Vehículo con Motor de Combustión Interna
- IEA: Agencia Internacional de Energía
- IHSC: Coalición Solar del Corazón Industrial
- IJIA: Ley de Inversión en Infraestructura y Empleo
- IOU: Empresa de Servicios Públicos Propiedad de Inversores
- IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
- IPPU: Procesos Industriales y Uso de Productos
- IRA: Ley de Reducción de la Inflación
- ITC: Crédito Fiscal a la inversión
- JCRP: Asociación Comunitaria Joel Ratner
- KSU: Universidad Estatal de Kent
- kW: Kilovatio
- Lbs/MWh: Libras por Megavatio Hora
- LCA: Análisis del Ciclo de Vida
- LDV: Vehículo Ligero
- LEED: Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental
- LIDAC: Comunidad de Bajos Ingresos y Desfavorecida
- LIHEAP: Programa de Asistencia Energética para Hogares de Bajos Ingresos
- LISC: Coalición de Apoyo Iniciativas Locales⁸
- LMI: Ingresos Bajos y Moderados
- LOS: Nivel de Servicio
- Baja Emisividad: Baja Emisividad
- LTS: Nivel de Estrés del Tráfico
- MHDVs: Vehículos Medianos y Pesados
- MMBtu: Millones de Unidades Térmicas Británicas
- MMTCO₂e: Millones de Toneladas Métricas de Emisiones Equivalentes de CO₂
- MOE: Electrólisis de Óxido Fundido
- MOS: Oficina del Alcalde para la Sostenibilidad y la Acción Climática (Ciudad de Cleveland)
- MPO: Organización de Planificación Metropolitana
- MSA: Área Estadística Metropolitana
- MT/Día: Tonelada Métrica por Día
- MTCO₂e: Toneladas Métricas de Emisiones Equivalentes de CO₂
- MW: Megavatios
- N₂O: Óxido Nitroso
- NAICS: Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
- NCA: Evaluación Nacional del Clima
- NDC: Contribución Determinada a Nivel Nacional
- NEI: Inventario Nacional de Emisiones
- NEORS: Distrito de Alcantarillado Regional del Noreste de Ohio
- NEOSCC: Consorcio de Comunidades Sostenibles del Noreste de Ohio
- NOACA: Agencia Coordinadora del Área del Noreste de Ohio
- NOPEC: Consejo de Energía Pública del Noreste de Ohio
- NO_x: Óxidos de Nitrógeno
- NREL: Laboratorio Nacional de Energías Renovables
- O₃: Ozono
- ODOT: Departamento de Transporte de Ohio
- OEC: Consejo Ambiental de Ohio
- P3: Programa de Compras Públicas
- PACE: Energía Limpia Evaluada por la Propiedad
- PCAP: Plan de Acción Climática Prioritario
- PPA: Acuerdo de Compra de Energía
- PPB: Partes por billón
- PTC: Créditos fiscales a la Producción
- PUCO: Comisión de Servicios Públicos de Ohio
- PV: Fotovoltaica (Solar)
- R&D: Investigación y Desarrollo
- RCP: Vías de Concentración Representativas
- RDF: Marco Regional de Descarbonización
- RNG: Gas Natural Renovable
- SAF: Combustible de Aviación Sostenible
- SBT: Objetivo Basado en la Ciencia
- SBTN: Red de Objetivos Basados en la Ciencia
- SDSN: Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible

- SFA: Energía Solar para Todos
 - SI: Índice Suplementario de EJScreen
 - SO₂: Dióxido de Azufre
 - SOC: Carbono Orgánico del Suelo
 - SOE: Electrolizador de Óxido Sólido
 - SOPEC: Consejo de Energía Pública Sostenible de Ohio
 - SOV: Vehículo de un Solo Ocupante
 - SPA: Área de Planificación Estadística (Ciudad de Cleveland)
 - SUN: Vecinos Unidos Solares
 - TCI: Iniciativa de Transporte y Clima
 - TCO: Costo Total de Propiedad
 - TDM: Gestión de la Demanda de Transporte
 - TOD: Desarrollo Orientado al Tránsito
 - TOU: Tiempo de Uso (precios)
- TW: Teravatio
- U.S. EIA: Administración de Información Energética de los Estados Unidos
- U.S. EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
- UHI: Isla de Calor Urbana
- USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
- USGBC: Consejo de Construcción Ecológica de los Estados Unidos
- VMT: Millas Recorridas por el Vehículo
- VOC: Compuesto Orgánico Volátil
- VPP: Planta de Energía Virtual
- VRU: Usuario Vulnerable de la Vía
- WHO: Organización Mundial de la Salud
- WRLC: Conservación de Tierras de la Reserva Occidental
- ZEV: Vehículo de Cero Emisiones

Resumen Ejecutivo

En 1970, el alcalde de Cleveland, Carl Stokes, dijo a un subcomité del Senado de los Estados Unidos: “En Cleveland estamos sentados a orillas de un río y un lago que se han vuelto casi legendarios, no solo en Estados Unidos sino en el extranjero”.¹ El alcalde Stokes estuvo a la vanguardia de un esfuerzo por convertir un río en llamas en un movimiento contra el impacto devastador de la contaminación humana sobre las vías fluviales del país, la calidad del aire, los sistemas naturales compartidos y la salud humana. El alcalde Stokes comprendió que los desafíos ambientales comunes del noreste de Ohio estaban íntimamente relacionados con otros problemas urgentes, incluidos la vivienda, el empleo y la pobreza, y reconoció que estos problemas requerían soluciones regionales.²

Más de 50 años después, el área estadística metropolitana de Cleveland-Elyria (MSA) enfrenta otra terrible crisis ambiental, económica y social causada por el cambio climático. Para afrontar este desafío nuevamente debemos reconocer que nuestros desafíos están interconectados y debemos trabajar en colaboración entre sectores y jurisdicciones.

Este Plan de Acción Climática Integral (CCAP) para el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria se basa en el progreso que la región ya ha logrado para trazar un camino hacia cero emisiones netas que brindará cobeneficios sustanciales a los residentes y las empresas. Ese progreso incluye el Plan de Acción Climática Prioritaria (PCAP) y los planes climáticos a nivel de ciudad y condado.

Este CCAP contiene una revisión de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por sector (Capítulo 2); objetivos regionales de GEI para 2030 y 2050 (Capítulo 3); un debate sobre los cambios climáticos que ya están en marcha y los cambios previstos hasta 2050 (Capítulo 4); una revisión de los costos de la inacción (Capítulos 5-6); las medidas que las comunidades, organizaciones y empresas del MSA pueden adoptar para reducir esas emisiones para 2050 (Capítulo 7); una descripción general de los beneficios del plan (Capítulos 8-9); una revisión de la capacidad de la región para implementar y pagar las acciones (Capítulos 10-11); una evaluación de las necesidades de desarrollo de la fuerza laboral para implementar el plan (Capítulo 12); un plan para ayudar a las comunidades de todo el MSA a implementar dichas medidas (Manual de implementación del CCAP); y apéndices técnicos adicionales.

Si bien las comunidades y organizaciones de todo el Área Metropolitana de San Luis han tomado medidas importantes para avanzar en la acción climática, aún persisten desafíos reales. El apoyo a la acción climática es desigual en la región, y esta falta de consenso dificulta la adopción de enfoques regionales o multicomunitarios. El Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria alberga varias industrias tradicionales vitales que representan una gran parte de las emisiones de contaminación climática en el MSA, y se requerirán recursos significativos para descarbonizar sus operaciones. Muchas comunidades también contienen parques de viviendas antiguos e ineficientes, enfrentan patrones de desarrollo extensos que limitan las opciones de transporte y pueden tener dificultades para acceder a los recursos necesarios para invertir en la acción climática, en particular con fondos limitados de los gobiernos estatales y federales.

El área metropolitana de Cleveland-Elyria puede volver a liderar el camino hacia las emisiones netas cero, pero alcanzar este objetivo para 2050 requerirá liderazgo, planificación, visión y el compromiso de los recursos de la comunidad. Las comunidades deberían buscar socios para la acción climática en los sectores público, sin fines

de lucro y privado y aprovechar el éxito de las partes interesadas que ya están comprometidas con este desafío. Para que una acción climática tenga éxito es necesario establecer relaciones reales con las comunidades a través de intercambios regulares en entornos y con representantes de confianza. Este enfoque puede generar confianza mutua y crear formas nuevas y más sólidas para que las partes intercambien ideas e información.

Este CCAP describe medidas que son accesibles para todas las comunidades, sin importar dónde se encuentren en su camino para proteger el aire, la tierra, el agua y la salud humana a través de la acción climática. Se basa en el trabajo existente de los líderes climáticos de MSA, al tiempo que proporciona rampas de acceso para las comunidades que han comenzado o están a punto de comenzar sus propios viajes. No todas las medidas de este CCAP se aplican a todas las comunidades, y los líderes deben elegir las medidas que mejor aborden sus necesidades específicas. El CCAP presenta los costos, beneficios y cobeneficios de las medidas, como la mejora de la calidad del aire, el ahorro de costos, la creación de empleo y la mejora de la resiliencia para ayudar a los líderes comunitarios a tomar decisiones informadas.

Si bien este CCAP describe más de 60 medidas de reducción de emisiones, hay seis “Estrategias a lo grande” que forman el núcleo de este plan. Estas seis estrategias pueden generar un impacto económico significativo y tienen el potencial de generar nichos de crecimiento dentro del MSA.

Estos seis enfoques incluyen:

1. Ampliación de la generación nuclear en la central nuclear de Perry
2. Desarrollo de la energía eólica marina en el lago Erie
3. Producción de acero con cero emisiones netas en Cleveland-Cliffs
4. Ampliación del servicio de trenes de pasajeros y trenes ligeros
5. Desarrollo de una instalación regional de captura directa de aire (DAC) para eliminar carbono de la atmósfera.
6. Implementar una “Iniciativa de Bosques de Cabecera” para reforestar 10 millas cuadradas de las cabeceras de las cuencas de la región

Tal como lo comprendió el alcalde Stokes hace más de 50 años, nuestros desafíos ambientales, económicos y sociales están entrelazados, esta vez a través de una crisis climática que presenta una enorme amenaza para las personas y los sistemas dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. Este CCAP puede proporcionar una guía para que el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria vuelva a ser “casi legendaria”, esta vez como líder en la protección de la salud y el bienestar humanos a través de acciones sobre el cambio climático.

A woman with long brown hair, wearing a grey knit beanie, a white turtleneck sweater, and a dark green apron, is smiling and holding a bouquet of various flowers. She is standing in a greenhouse with plants and a chain-link fence visible in the background. The image has a blue tint and a grid of blue squares on the right side.

Introducción

1. Introducción

1.1. Descripción general de la subvención para la reducción de la contaminación climática

El 28 de abril de 1970, el alcalde de Cleveland, Carl Stokes, dijo a un subcomité del Senado de Estados Unidos: “En Cleveland estamos sentados a orillas de un río y un lago que se han vuelto casi legendarios, no solo en Estados Unidos sino en el extranjero”.³ El alcalde Stokes estuvo a la vanguardia de un esfuerzo por convertir un río en llamas en un movimiento contra el impacto devastador de la contaminación humana sobre las vías fluviales del país, la calidad del aire, los sistemas naturales compartidos y la salud humana. Es fundamental que el alcalde Stokes no considere los desafíos medioambientales comunes de la región como un problema aislado. Más bien, sabía que estaban íntimamente conectados con otros problemas urgentes, incluidos la vivienda, el empleo y la pobreza, y reconoció que estos problemas sociales y ambientales de toda la región requerían soluciones regionales.⁴

Más de 50 años después, el área estadística metropolitana de Cleveland-Elyria enfrenta otra terrible crisis ambiental, económica y social. El cambio climático ya está aquí. Según la *Quinta Evaluación Nacional del Clima* (NCA5), la evidencia de que el clima está cambiando es “incontrovertible”. El informe también concluyó que “la ciencia es inequívoca” en cuanto a que la adición de GEI a la atmósfera por parte de los seres humanos es lo que impulsa estas tendencias.⁵ Todas las regiones del país ya están sintiendo los impactos del cambio climático. Estados Unidos se ha calentado un 60% más rápido que el planeta en su conjunto desde 1970, ha habido un aumento en la frecuencia y severidad de eventos climáticos extremos, y tanto las sequías como las fuertes precipitaciones se han vuelto más comunes.⁶

Si bien los impactos del cambio climático ya se están produciendo, el futuro no está predeterminado. Si los líderes no actúan, los impactos empeorarán y el cambio climático planteará una amenaza grave para el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria (véase el Capítulo 4). Pero, como los humanos hemos causado el cambio climático, también tenemos el poder de detenerlo. Como lo deja claro el NCA5, “cuánto más se calentará el mundo dependerá de las decisiones que tome la sociedad hoy. “El futuro está en manos humanas.”⁷

El Congreso ha tomado medidas para reducir la amenaza del cambio climático. La Sección 60114 de la Ley de Reducción de la Inflación (IRA) creó el Programa de Subvenciones para la Reducción de la Contaminación Climática (CPRG) y asignó 5 mil millones de dólares a la EPA de Estados Unidos para ayudar a los estados, territorios, municipios, tribus y grupos similares a desarrollar e implementar planes para reducir la contaminación climática.

El programa dividió la financiación en tres categorías:

- Subvenciones de planificación del CPRG (250 millones de dólares) para que entidades elegibles desarrollen planes de reducción de emisiones con medidas viables;
- Subvenciones de implementación del CPRG (\$4.6 mil millones) para la implementación de medidas identificadas en planes de reducción de emisiones; y
- Costos administrativos (\$142.5 millones).

Según la EPA de EE. UU., la Agencia identificó tres objetivos principales para el programa CPRG:⁸

- Abordar la contaminación climática y al mismo tiempo apoyar la creación de buenos empleos y reducir los costos de energía para los estadounidenses;
- Acelerar el trabajo para abordar la exposición desigual a los daños ambientales y empoderar a las comunidades para abordar estas disparidades; y
- Proporcionar un aire más limpio mediante la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos nocivos.

Para afrontar nuevamente el desafío del cambio climático es necesario que reconozcamos que nuestros desafíos están interconectados y que debemos trabajar en colaboración entre sectores y jurisdicciones. La Agencia de Coordinación del Área Noreste de Ohio (NOACA) y la Ciudad de Cleveland se asociaron en la primavera de 2023 para desarrollar un plan de trabajo y un presupuesto del CPRG para ayudar a ampliar la planificación de la acción climática local establecido y los esfuerzos de reducción de la contaminación al nivel de MSA. A través de esta asociación, NOACA desarrolló el primer producto del Programa CPRG, el Plan de Acción Climática Prioritaria (PCAP), en estrecha colaboración con la ciudad de Cleveland y lo presentó a la EPA de EE. UU. el 28 de febrero de 2024.⁹ Este PCAP, que describe 10 prioridades de la comunidad para medidas de reducción de emisiones, sentó las bases para que el condado de Cuyahoga, la ciudad de Painesville y la ciudad de Cleveland obtengan una subvención para la implementación del programa CPRG de \$129,4 millones que financiará la instalación de 63 megavatios (MW) de energía solar y almacenamiento de baterías en vertederos y zonas industriales abandonadas en todo el MSA. NOACA también liderará el desarrollo del resultado final, el Informe de situación, en 2027.

1.2. Propósito y alcance del CCAP

La ciudad de Cleveland se ha asociado con NOACA, el condado de Cuyahoga y un grupo de investigadores y expertos de la Universidad Case Western Reserve (CWRU), la Universidad Estatal de Cleveland (CSU) y la Universidad Estatal de Kent (KSU) para desarrollar este CCAP. Este plan se basa en el trabajo de planificación climática existente dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. El CCAP amplía el PCAP: los autores del CCAP incorporan información actualizada sobre las emisiones de GEI en la región; establecen objetivos regionales de reducción de emisiones; identifican un conjunto completo de medidas de reducción de emisiones en todas las fuentes significativas de emisiones de GEI; evalúan los beneficios de estas acciones para el MSA; y proporcionan una evaluación del desarrollo de la fuerza laboral para el MSA.

El PCAP, a su vez, se basó en el trabajo preliminar de planificación de la acción climática que NOACA inició en 2021 con el apoyo de la Fundación Cleveland y la Fundación George Gund. Como parte de este marco, NOACA utilizó el apoyo de las Fundaciones para contratar a ICLEI USA e iniciar un CAP regional. El Comité de Políticas de NOACA apoyó un enfoque integral para la planificación de la acción climática de NOACA: el personal inventarió las fuentes móviles y estacionarias de emisiones de GEI y desarrolló estrategias de mitigación (reducir las emisiones) y adaptación (crear resiliencia al cambio climático). La NOACA se comprometió a emular este modelo y completó un inventario de emisiones de GEI publicado (2022) y un borrador de Evaluación de Riesgo y Vulnerabilidad Climática (CRVA) (2023) en asociación con ICLEI USA. La NOACA también había iniciado esfuerzos para desarrollar estrategias de adaptación y mitigación antes de que la EPA de EE. UU. publicará su Aviso de oportunidad de financiamiento (NOFO) y la Guía para el Programa CPRG en la primavera de 2023.

El CCAP también incorpora el extenso trabajo de planificación climática que ya se ha realizado en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. Varias comunidades y organizaciones clave han desarrollado CAP. La ciudad de Oberlin estuvo a la vanguardia de este trabajo (desde 2007) y adoptó su primer CAP en 2011 (actualizaciones posteriores en 2013 y 2019). Oberlin ha establecido objetivos ambiciosos para reducir sus emisiones de GEI en un 75% hasta 2030 y lograr emisiones negativas para 2050.

La ciudad de Cleveland también tiene una amplia experiencia en planificación climática y de sostenibilidad. Cleveland estableció la Oficina del alcalde para la Sostenibilidad y la Justicia Climática (MOS) en 2005 y desarrolló su primer CAP en 2013. Desde entonces, Cleveland actualizó su CAP en 2018 y 2025; se convirtió en la primera ciudad de Ohio en comprometerse con un 100% de energía limpia para 2050 a través de su *Informe de Energía Limpia y Equitativa* de 2021; obtuvo la certificación Silver City de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED) en 2021; y publicó su *Hoja de Ruta Circular de Cleveland* en 2022. Como parte de su actualización del CAP de 2025, Cleveland adoptó objetivos ambiciosos basados en la ciencia (SBT) para reducir las emisiones de GEI en un 63,3% con respecto a los niveles de 2018 en 2030 y alcanzar emisiones netas cero para 2050. Varias otras entidades en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria también han desarrollado CAP: Condado de Cuyahoga (2019); la Autoridad de Tránsito Regional del Gran Cleveland (GCRTA) (2022); la Ciudad de Lakewood (2023); la Autoridad Portuaria de la Ciudad de Cleveland-Condado de Cuyahoga (2023); y la Ciudad de Cleveland Heights (2024).

En su guía, la EPA de EE. UU. exige que los CCAP contengan los siguientes elementos:¹⁰

- Inventario de GEI (Capítulo 2)
- Proyecciones de emisiones de GEI (Capítulo 6);
- Objetivos de reducción de GEI (Capítulo 3);
- Medidas cuantificadas de reducción de GEI (Capítulo 7);
- Un análisis de beneficios para todo el alcance geográfico y la población cubierta por el plan (Capítulo 8);
- Análisis de beneficios de las comunidades de bajos ingresos y desfavorecidas (LIDAC) (opcional a partir del 22 de abril de 2025) (Capítulo 9);¹¹
- Una revisión de la autoridad para implementar (Capítulo 10);
- Un plan para aprovechar otros fondos federales (Capítulo 11); y,
- Un análisis de la planificación de la fuerza laboral (Capítulo 12).

1.3. Marco de descarbonización

Este CCAP también se basa en el *Informe de rutas de descarbonización regional de Cleveland*, un análisis de 2023 de las posibles rutas hacia emisiones netas cero en el noreste de Ohio creado a través de una asociación entre la ciudad de Cleveland, CWRU, Investigación Sobre Energía Evolucionada (EER) y la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN).¹² Varios de los investigadores que participaron en la redacción de ese informe formaron el equipo del Marco de Descarbonización Regional de Cleveland (CRDF). Esta asociación de investigadores de CWRU, CSU y KSU desarrolló el análisis técnico del CCAP.

La descarbonización es la eliminación de las emisiones contaminantes del clima, como el CO₂ y CH₄, de la economía. Debido a que el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria actualmente depende de la quema de combustibles fósiles para generar electricidad, operar automóviles y calentar edificios, será necesario un

esfuerzo concertado a largo plazo para utilizar la energía de manera más eficiente y cambiar la generación de energía a fuentes renovables o de cero emisiones (por ejemplo, solar o nuclear). En la **Tabla 1** se describen los principios de la descarbonización. Este CCAP ilustra un enfoque a nivel de sistemas para abordar el cambio climático. La descarbonización se diferencia de la adaptación climática, que describe acciones que modifican los sistemas y la infraestructura para adaptarse a un clima cambiante.

Tabla 1: Principales de Descarbonización

Principio de descarbonización	Descripción
Utilice la energía de forma más eficiente	Bajo costo – Retorno de la inversión (ROI) a corto plazo – Optimiza el uso – Ahorra dinero – reduce la cantidad de energía renovable necesaria para satisfacer la demanda.
Cambiar de la quema de combustibles fósiles a fuentes renovables o de cero emisiones	Construcción de nuevas centrales energéticas para sustituir combustibles fósiles. Incluye el cambio de gasolina y diésel a baterías, hidrógeno y otros combustibles limpios para automóviles, camiones, aviones y barcos.
Electrificación	Reemplace los aparatos que queman gas, los equipos industriales y los hornos por equivalentes eléctricos.
Capturar y almacenar carbono	Eliminar los GEI de la atmósfera o capturarlos en el punto de emisión mediante soluciones creadas por el hombre y basadas en la naturaleza.
Una planificación eficaz debe ser coordinada e integrada	La planificación comunitaria se coordina con las comunidades vecinas, los condados, las subdivisiones políticas y las partes interesadas clave.

Muchos procesos naturales y creados por el hombre utilizan carbono de la atmósfera. Los árboles, por ejemplo, absorben CO₂ de la atmósfera y utilizan ese carbono para construir su tronco y sus ramas. Si bien eliminar todas las emisiones de GEI para 2050 sigue siendo un objetivo, la meta más importante es que el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria alcance el cero neto (es decir, la absorción natural y antropogénica de carbono equivale a emisiones de carbono). Sin embargo, los sistemas naturales capturan el carbono lentamente y los sistemas actuales creados por el hombre son muy costosos. Si bien es necesaria, la captura de carbono es solo una pequeña parte de la solución.

1.4. Contexto de MSA

Este CCAP cubre el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria, según se define en el Censo de EE. UU. de 2010. Esta área metropolitana, que incorpora los condados de Cuyahoga, Geauga, Lake, Lorain y Medina, se alinea con el área de planificación MPO de NOACA.¹³ Si bien varias otras áreas geográficas son de interés desde una perspectiva de planificación climática regional (por ejemplo, la cuenca del lago Erie, el área de planificación de la calidad del aire del noreste de Ohio, la región del Consorcio de Comunidades Sustentables del Noreste de Ohio (NEOSCC) de 12 condados), el CCAP se centra exclusivamente en el MSA de cinco condados. Sin embargo, algunos elementos de este plan, como las medidas de reducción de emisiones, los enfoques de participación comunitaria y el inventario de GEI, son aplicables a comunidades fuera del MSA.

El Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria cubre un área total de 3979 millas cuadradas, de las cuales

aproximadamente la mitad (1999 millas cuadradas) es área terrestre.¹⁴ Los cinco condados del MSA incluyen 61 ciudades, 45 aldeas y 58 municipios que albergan a poco más de 2,08 millones de personas.¹⁵ La población del MSA ha disminuido aproximadamente un 10% desde la década de 1970, y la región ha demostrado un patrón continuo de migración saliente y suburbanización. El condado más grande del MSA (Cuyahoga) y la ciudad (Cleveland) han visto sus poblaciones disminuir aproximadamente un 13% y un 28% desde 1990, respectivamente.¹⁶ Gran parte de este cambio ocurrió antes de 2010, y la población tanto del condado de Cuyahoga como de la ciudad de Cleveland se ha estabilizado desde entonces. El crecimiento de la población dentro del MSA se concentra en gran medida fuera del condado de Cuyahoga. Desde 1990, las poblaciones de los condados de Geauga (18%), Lake (7%), Lorain (17%) y Medina (50%) aumentaron. Sin embargo, el crecimiento de estos condados no ha sido suficiente para compensar la disminución de la población en el condado de Cuyahoga durante las últimas décadas.¹⁷

El Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria es muy diversa en términos demográficos, características económicas y patrones de asentamiento, como se analiza en las siguientes secciones.

1.4.1. Demografía

Casi siete de cada diez (69,6%) de los residentes del MSA se identificaron como blancos durante 2023, y uno de cada cinco (19,3%) se identificó como negro o afroamericano. Aproximadamente el 3% se identificó como de dos o más razas, mientras que aproximadamente el 2% se identificó como asiático (2,4%) o alguna otra raza (1,9%).¹⁸ La demografía varía dentro de la región: la población no blanca varía desde un mínimo del 6 % en el condado de Geauga hasta un máximo del 41 % en el condado de Cuyahoga. Aproximadamente el 7% del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria se identifica como hispana o latina, con un mínimo del 2% en el condado de Geauga y un máximo del 11% en el condado de Lorain.¹⁹ La edad media de los residentes del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria es de aproximadamente 41,6 años; esto es 2,4 años mayor que la edad media de los Estados Unidos. Casi uno de cada cinco residentes (19,4%) tiene 65 años o más, lo que también es superior al promedio nacional (16,8%).²⁰ La migración internacional ha sido la principal fuente de reemplazo poblacional para muchas comunidades. Entre 2014-2018 y 2019-2023, más de 5.600 migrantes internacionales se mudaron al Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria.²¹ La inmigración ha sido aún más importante para el núcleo urbano, ya que los migrantes internacionales representaron la única fuente de reemplazo de población dentro del condado de Cuyahoga y la ciudad de Cleveland en los últimos años.

1.4.2. Características Económicas

En las últimas décadas, el número de empleos en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria aumentó en solo 26.000. Esta tendencia relativamente constante oculta una variación significativa, ya que el número de empleos aumentó un 10% durante la década de 1990, disminuyó un 13% durante la década de 2000 y volvió a aumentar entre 2010 y 2023.²² Si bien la economía de la región se ha recuperado desde la Gran Recesión, el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria aún tiene menos empleos que en 2000. Al igual que la población, el empleo se ha alejado del núcleo urbano. Si bien el número de empleos ha aumentado, la proporción de empleos ubicados dentro del condado de Cuyahoga ha disminuido del 76% en 1990 al 70% en 2023.²³ El centro de Cleveland y el University Circle de Cleveland siguen siendo los dos centros de trabajo más grandes del MSA, pero ha habido una concentración significativa de empleos en centros fuera del núcleo, incluidos Aerozone (Cuyahoga), Avon (Lorain), Chagrin-Highlands (Cuyahoga), Elyria (Lorain), Independence (Cuyahoga), Mentor

(Lake) y Strongsville (Cuyahoga).²⁴

En todo el MSA, el empleo ha pasado del sector básico/industrial al sector servicios. Entre 1990 y 2023, el número de empleos en el sector básico (por ejemplo, construcción, manufactura, transporte y almacenamiento, servicios públicos) disminuyó en casi 90.000. Estas pérdidas de empleos se produjeron en su mayoría durante la década de 2000, cuando el número se redujo en 115.000.²⁵ En contraste, el empleo en el sector servicios ha crecido un 23% desde 1990, más que suficiente para compensar todas las pérdidas de empleos en el sector básico. Gran parte de este crecimiento laboral se produjo en los sectores de atención médica y educación, que representaron casi uno de cada cinco empleos (18 %) en el MSA durante 2024. La atención médica representa un 30 % más de empleo en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria que, en el país en su conjunto, y los empleadores individuales más grandes de la región son las instituciones de atención médica.²⁶ Sin embargo, la región conserva una sólida base manufacturera y el sector industrial representa una parte sustancial tanto de la producción económica como de las emisiones de contaminación climática, como se analiza en el capítulo 2.

1.4.3. Patrones de Asentamiento

Los patrones de asentamiento en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria abarcan desde núcleos rurales hasta núcleos urbanos densos. Como parte de *Vibrant NEO 2040*, el personal de NEOSCC desarrolló una tipología de seis partes de comunidades dentro del noreste de Ohio, descrita en la **Tabla 2**.²⁷ El CCAP aplica esta tipología para identificar qué medidas de reducción de emisiones son más aplicables a diferentes partes del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria.

Tabla 2: Tipología de comunidades en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland- Elyria

Tipología	Descripción	Comunidades de Ejemplo
Ciudades Legadas	Ciudades desarrolladas antes de 1910 que históricamente han desempeñado un papel importante en la manufactura y la industria y sirven como centros culturales, sociales, educativos y económicos tradicionales de la región.	Cleveland, Elyria, Lorain
Suburbios del primer anillo	Comunidades adyacentes a Ciudades Legado que se desarrollaron entre 1910 y 1950, impulsadas por el deseo de abandonar condiciones de vida a veces indeseables. Es posible que estuvieran conectados mediante sistemas de transporte público tempranos y desarrollaran centros urbanos menores como calles comerciales principales y centros cívicos.	Shaker Heights, Sheffield, Wickliffe
Suburbios del Segundo Anillo	Comunidades a un paso de los suburbios del Primer Anillo establecidas entre 1950 y 1970, que reflejan el creciente impacto y la conveniencia de los automóviles y el deseo de migrar lejos de los centros de las ciudades. Pueden tener o no centros comunitarios, nodos comerciales definidos y centros de empleo concentrados.	Amherst, Kirtland, Wadsworth

Tipología	Descripción	Comunidades de Ejemplo
Suburbios del Anillo Exterior	Comunidades ubicadas a 30 minutos en auto de Ciudades heredadas que se desarrollaron en gran medida debido a la red de autopistas posteriores a 1970. El crecimiento se basó en el nuevo parque de viviendas en grandes lotes y en la redefinición de los centros comerciales y de empleo.	Auburn, Brunswick Hills, Strongsville
Ciudades o pueblos establecidos	Comunidades que se desarrollaron independientemente de las Ciudades Legadas. Estos a menudo sirven como centros económicos, gubernamentales o institucionales locales y reflejan una variedad de rasgos residenciales, comerciales y culturales.	Chardon, Oberlin, Painesville
Municipios Rurales	Comunidades ubicadas fuera de las áreas urbanas que son principalmente rurales y agrícolas. Pueden tener pequeños centros urbanos con instalaciones municipales y comerciales, pero estos servicios públicos normalmente no están conectados entre sí.	Municipio de Burton, Municipio de Grafton, Municipio de Madison

Dada la amplia diversidad de patrones de asentamiento y densidades de población, los enfoques pertinentes a la acción climática variarán según la ubicación. Los esfuerzos para descarbonizar la producción de acero son esenciales para la ciudad de Cleveland, donde la planta siderúrgica integrada Cleveland Works representa un tercio de las emisiones de contaminación climática, pero no son aplicables a los municipios rurales, donde las emisiones agrícolas son una mayor preocupación. Otras acciones, como los esfuerzos para invertir en la generación de energía limpia, electrificar vehículos de pasajeros e invertir en soluciones basadas en la naturaleza, serán ampliamente aplicables en todo el MSA.

1.5. Enfoque para el desarrollo del CCAP

El desarrollo de este CCAP comenzó inmediatamente después de la aprobación del PCAP el 7 de marzo de 2024. Los socios principales del CCAP (la ciudad de Cleveland, NOACA y el condado de Cuyahoga) realizaron una serie de talleres de coordinación durante marzo y abril de 2024 para discutir el proceso de desarrollo del CCAP y los roles que desempeñaría cada socio.

1.5.1. Ciudad de Cleveland

Como líder del CCAP, la ciudad de Cleveland gestionó el desarrollo de este plan. El personal de MOS desarrolló el plan de gestión del proyecto que guía la finalización del CCAP; creó el alcance del trabajo que definió las responsabilidades del equipo del CRDF; coordinó regularmente con los socios del CCAP y el equipo del CRDF; gestionó la ejecución de los elementos del CCAP; y coordinó el borrador del plan. La Ciudad supervisó el trabajo del equipo CRDF y se aseguró de que entregara todos los elementos CCAP requeridos delineados en el alcance del trabajo y en la guía CPRG de la EPA. A través del liderazgo de la Oficina de Sustentabilidad y Justicia Climática

(MOS) del alcalde, la Ciudad de Cleveland gestionó directamente la finalización de los elementos requeridos del CCAP.

La ciudad completó el inventario de GEI del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria de 2022 durante el verano-otoño de 2024 (consulte el Capítulo 2). Luego, el personal del MOS utilizó los datos de emisiones actualizados para desarrollar objetivos propuestos de reducción de emisiones (véase el Capítulo 3). Cleveland coordinó con NOACA para llevar estos objetivos propuestos a la Junta Directiva de NOACA para su aprobación en diciembre de 2024. MOS también llevó a cabo amplios esfuerzos de divulgación y participación pública dentro de la ciudad de Cleveland durante 2023-2024, con un enfoque específico en las comunidades LIDAC, y se relacionó regularmente con los socios y partes interesadas de CCAP en todo el MSA de Cleveland-Elyria. Además, el personal de MOS trabajó con varias organizaciones asociadas, entre ellas el condado de Cuyahoga, la Fundación Cleveland, la Fundación Deaconess, el Fondo para Nuestro Futuro Económico, la Fundación George Gund, la Asociación del Gran Cleveland y Greater Cleveland Works, para completar una iniciativa de desarrollo y evaluación de la fuerza laboral climática que sirvió de base para el análisis de planificación de la fuerza laboral (véase el Capítulo 12).

1.5.2. NOACA

Como organización líder del CPRG, NOACA desempeña un papel central en la gestión de subvenciones de planificación del CPRG y guía la finalización del CCAP. El personal de NOACA coordinó reuniones entre los socios de CCAP y entre los socios de CCAP y la EPA de EE.UU. El personal de NOACA también trabajó extensamente con los beneficiarios de sus subvenciones para documentar el progreso del trabajo y facturar adecuadamente a la EPA de EE. UU. para garantizar una extracción fluida de los fondos. NOACA trabajó en estrecha colaboración con la ciudad de Cleveland para completar el Inventario de GEI del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria de 2022 y para desarrollar objetivos regionales de reducción de emisiones. Además, NOACA lideró los esfuerzos de participación pública durante el período 2023-2025 para garantizar que este CCAP refleje e incorpore los comentarios de los residentes y las partes interesadas en todo el MSA, en particular los que viven en LIDAC. NOACA lideró el esfuerzo para garantizar un amplio compromiso y apoyo al CCAP en todo el MSA.

1.5.3. Condado de Cuyahoga

Como subbeneficiario de la ciudad de Cleveland, el condado de Cuyahoga supervisó los esfuerzos para desarrollar elementos del CCAP dentro de áreas del condado fuera de la ciudad de Cleveland. El Departamento de Sustentabilidad del Condado de Cuyahoga trabajó en estrecha colaboración con la Ciudad de Cleveland y NOACA para entregar múltiples elementos requeridos del CCAP, incluida la participación y divulgación de las partes interesadas, un inventario actualizado de GEI del Condado de Cuyahoga y un análisis de la fuerza laboral. El personal del Departamento de Sustentabilidad trabajó con municipios de todo el condado de Cuyahoga para comprender sus prioridades relacionadas con el clima y brindarles herramientas y recursos para interactuar con sus residentes, incluidos aquellos en las áreas LIDAC. El condado de Cuyahoga también trabajó con la ciudad de Cleveland para crear un inventario de GEI actualizado de 2022 para el condado, que apoyó directamente la finalización del inventario de GEI de Cleveland-Elyria MSA de 2022, y trabajó con la ciudad de Cleveland y otros socios para entregar el informe de evaluación y desarrollo de la fuerza laboral climática.

1.5.4. Equipo del Marco Regional de Descarbonización de Cleveland (CRDF)

En junio de 2024, la ciudad de Cleveland contrató a CWRU para formar un equipo CRDF que ejecutaría varios elementos requeridos del CCAP. CWRU se asoció con investigadores y personal de CSU y KSU para completar este trabajo. Con base en el alcance del trabajo, el equipo del CRDF formó grupos de trabajo sectoriales/de áreas de enfoque liderados por expertos en la materia pertinente de las tres universidades. Estos grupos de trabajo incluyeron el sector de la construcción, el análisis de costos y beneficios, el sector energético, el sector industrial, el análisis de empleos, el sector de uso de la tierra, la participación de las partes interesadas y el sector de transporte.

Mediante una coordinación regular entre ellos y con los socios del CCAP, estos grupos de trabajo del CRDF lograron completar varios elementos requeridos del CCAP. Se basaron en el trabajo que NOACA e ICLEI USA completaron para el PCAP para desarrollar un escenario Business As Usual (BAU) actualizado (ver Capítulo 6). Se coordinaron con la ciudad de Cleveland, NOACA y el condado de Cuyahoga para recopilar comentarios de los esfuerzos de participación del público y las partes interesadas y utilizaron estos comentarios para informar la identificación y evaluación de medidas de reducción de emisiones de GEI. Con base en estos comentarios, identificaron y analizaron las medidas de reducción de emisiones de GEI analizadas en el Capítulo 7 para garantizar que estas medidas estuvieran alineadas con el PCAP y otros CAP de todo el MSA (por ejemplo, actualizaciones del CAP de 2025 de la ciudad de Cleveland y el condado de Cuyahoga). El equipo del CRDF también completó el análisis de beneficios para las áreas MSA y LIDAC para cada medida de reducción de emisiones y para el CCAP (véanse los capítulos 8 y 9, respectivamente). Por último, el equipo del CRDF se basó en el informe de evaluación y desarrollo de la fuerza laboral climática para completar el análisis de planificación de la fuerza laboral para este CCAP.

1.6. Participación del Público y de las Partes Interesadas

En la sección Próximos pasos del PCAP, el personal prometió que NOACA y la ciudad de Cleveland ampliarían sus esfuerzos de participación en los LIDAC, con orientación enfocada de los representantes de los LIDAC que saben mejor cómo llegar a las audiencias más críticas en sus jurisdicciones. Esta mayor participación es esencial para la aceptación final de las partes interesadas del LIDAC y brinda un sentido de propiedad y optimismo sobre su futuro en un mundo transformado por el cambio climático. Dada la amplitud del MSA de Cleveland-Elyria y el trabajo paralelo de la ciudad de Cleveland y el condado de Cuyahoga para actualizar sus propios CAP, los socios colaboradores decidieron dividir la región en tres secciones a los efectos de la participación. La ciudad de Cleveland y el condado de Cuyahoga involucrarían a los electores en sus respectivas jurisdicciones (el condado se concentraría en las comunidades fuera de Cleveland) y NOACA se concentraría en los LIDAC dentro de los cuatro condados fuera de Cuyahoga (Geauga, Lake, Lorain y Medina). Las siguientes secciones destacan el esfuerzo de cada socio para involucrar a las partes interesadas del LIDAC en la acción climática.

1.6.1. Ciudad de Cleveland

La ciudad de Cleveland centró sus esfuerzos de participación durante un período de 12 meses (octubre de 2023 - octubre de 2024) para cumplir un doble propósito: 1) producir su tercera actualización del CAP para los electores de la ciudad; y 2) incorporar una participación significativa en el contenido del CCAP para el

MSA de cinco condados. El personal de la ciudad de Cleveland implementó dos fases de participación. El primero se centró en una actualización de la Evaluación de Vulnerabilidad y Riesgo Climático (CRVA) de la Ciudad (2023) y el segundo se centró en la participación de la acción climática de la comunidad para llenar las brechas de participación de la fase CRVA y entrelazar las prioridades y preocupaciones climáticas de la ciudad y la región. En general, la ciudad implementó dos encuestas (767 encuestados que vivían o trabajaban en Cleveland); 10 sesiones de participación (268 asistentes); y cuatro (4) talleres educativos (114 asistentes). En total participaron más de 1.000 participantes, la mayoría de ellos procedentes de LIDAC.

Participación de CRVA (2023): El personal de MOS inició el proceso de participación comunitaria del CAP durante el otoño de 2023 como parte de la actualización de CRVA de la ciudad. Los dos componentes principales de este compromiso fueron la encuesta y cuatro sesiones de participación pública para los residentes. La encuesta obtuvo una mayoría (52%) de respuestas de (LIDAC). Sin embargo, el personal de MOS reconoció que los datos demográficos de los encuestados no necesariamente reflejaban los de los residentes de Cleveland (es decir, los encuestados eran más blancos y tenían mayor nivel educativo). Por lo tanto, el personal de MOS centró las cuatro sesiones de participación pública en los residentes de los vecindarios que tenían tasas de respuesta a la encuesta más bajas o eran más vulnerables a peligros clave: Central-Fairfax, Clark-Fulton, Centro y Union-Miles. El personal de MOS contactó a organizaciones comunitarias locales familiarizadas con estas áreas y capacitadas en divulgación para ayudar a promover cada sesión entre los miembros de la comunidad. Un intérprete de español estuvo disponible en la sesión de compromiso ubicada en Clark-Fulton. Al igual que en la encuesta, la mayoría (56%) de los participantes de la sesión eran residentes de LIDAC.

Participación en la acción climática comunitaria de Cleveland (2024): El personal de MOS inició la segunda fase de su esfuerzo de participación con otra encuesta durante el verano de 2024: Encuesta de acción climática de la comunidad de Cleveland. El personal de MOS presentó versiones de la encuesta en inglés y español, tanto en línea como en papel. La encuesta incluyó 17 preguntas para ayudar a obtener información sobre los encuestados, medir el apoyo de la comunidad a los posibles objetivos y acciones del CCAP y clasificar los factores que la Ciudad de Cleveland y sus socios podrían utilizar para evaluar y priorizar las acciones climáticas. Tras revisar las respuestas de la encuesta, el personal de MOS destacó algunos temas comunes:

- Mayor acceso a espacios verdes;
- Un acceso más equitativo a los alimentos y la agricultura local para abordar los desiertos alimentarios (food deserts) y la inseguridad;
- Promover oportunidades de desarrollo económico y laboral dentro de las iniciativas climáticas;
- Aumentar la educación y la alfabetización climática;
- Mejorar el acceso a métodos de transporte alternativos; y
- Centrarse en la limpieza de basura y en mejores prácticas de gestión de residuos

Paralelamente a la fase de participación de CRVA, el personal de MOS siguió la Encuesta de participación en la acción climática comunitaria con seis (6) mesas redondas de LIDAC, especialmente en vecindarios con tasas más bajas de respuestas a la encuesta; que tenían más probabilidades de beneficiarse de las acciones climáticas; y que no organizaron sesiones de participación de CRVA el año anterior.

Al igual que lo hicieron con las sesiones de participación pública de CRVA, el personal de MOS recurrió a organizaciones comunitarias (CBO) para ayudar a planificar y promover cada mesa redonda. Estos socios

incluyeron el Consejo Ambiental de Ohio (OEC), HEAL Buckeye, Young Latino Network, Organic Connects, Village Family Farms y See You at the Top (SYATT). El personal de MOS estructuró cada sesión de participación para incluir lo siguiente:

- Facilitó debates sobre los impactos del cambio climático en el vecindario en cuestión;
- Revisión de las aspiraciones de los participantes para sus barrios;
- Los participantes seleccionaron una de las áreas de enfoque del CAP y discutieron las acciones prioritarias, las posibles barreras a la acción y los posibles puntos ciegos que la Ciudad puede experimentar en la planificación climática;
- Breve encuesta de salida que ayudó a identificar las principales prioridades de los asistentes para la acción climática en Cleveland. Los miembros de la comunidad estaban más preocupados por:
 - Agua limpia
 - Aire limpio
 - Más árboles
 - Espacio verde
 - Asistencia financiera para mejoras en el hogar

Finalmente, el personal de MOS se asoció con las CBO para organizar y ejecutar talleres educativos: Sumergiéndonos en la acción climática, una serie de cuatro talleres de participación, cada uno centrado en diferentes temas y comunidades:

- FreshFest (Consejo Ambiental de Ohio);
- Recorrido a pie por el pueblo eslavo con soluciones basadas en la naturaleza (desarrollo del pueblo eslavo, reserva de Westcreek, NEORSD);
- Foro sobre Alimentación, Movilidad y Justicia Climática (My Grow Connect, Coalición de Política Alimentaria del Condado de Cuyahoga, Comisión de Planificación de Cleveland); y
- Foro Educativo sobre Acción Climática Juvenil (Biblioteca Pública de Cleveland, Distrito Escolar Metropolitano de Cleveland)

1.6.2. Condado de Cuyahoga

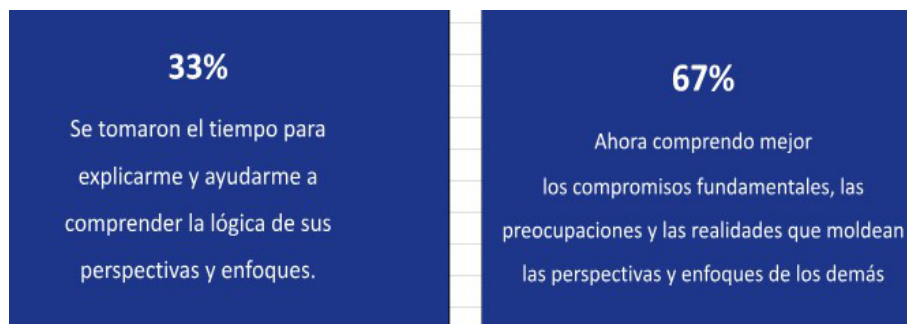
El Departamento de Sustentabilidad del Condado de Cuyahoga llevó a cabo actividades de participación de las partes interesadas para informar la actualización del Plan de Acción Climática del Condado de Cuyahoga y crear oportunidades para el diálogo y el aprendizaje compartido centrados en el cambio climático para el CCAP regional.

Mesa redonda sobre el clima del instituto Aspen y el condado de Cuyahoga: El condado de Cuyahoga organizó una mesa redonda sobre el clima en julio de 2024 para destacar las realidades y soluciones climáticas en el noreste de Ohio. La discusión se centró en la identificación de asociaciones para la acción climática en el condado de Cuyahoga en colaboración con el Instituto Aspen. Las dos organizaciones seleccionaron un grupo de participantes, quienes discutieron los recursos y el conocimiento disponibles para que los gobiernos locales se adapten a los efectos del cambio climático e inviertan en su visión. Los anfitriones seleccionaron participantes que representaran una variedad de sectores y perspectivas. Los anfitriones construyeron la agenda de la mesa redonda en torno a las prioridades existentes en el contexto de la acción climática local. El diálogo agregó valor y fue diseñado para informar la actualización del CAP del condado.

El personal utilizó la mesa redonda como una oportunidad de aprendizaje en torno a la participación efectiva para generar y sostener acciones climáticas en el condado de Cuyahoga. Una encuesta previa y posterior al evento ayudó al personal a analizar el diálogo abierto; la encuesta se centró en las conexiones y colaboraciones entre los participantes. Las respuestas mostraron que el evento creó nuevas conexiones entre el 76% de los asistentes encuestados y fortaleció las conexiones entre los sectores sin fines de lucro, educativo, gubernamental y comercial. Los resultados demuestran que este estilo de diálogo es fundamental para permitir un avance en la acción climática. El personal del condado incorporará lecciones clave aprendidas de la mesa redonda en su CAP y el CCAP regional.

¿Alguno de los participantes influyó significativamente en sus perspectivas o enfoques sobre los temas discutidos durante la mesa redonda?

¿Qué fue lo que en sus interacciones le ayudó a cambiar su perspectiva o enfoque?



Encuesta de Colaboración Comunitaria: En 2024, el condado de Cuyahoga solicitó a todas las jurisdicciones que completaran una encuesta de colaboración regional que incluía preguntas específicas sobre la acción climática y la sostenibilidad. 42 de 57 comunidades (74%) completaron la encuesta y clasificaron las siguientes áreas de acción climática como sus principales prioridades:

- Plantación y Mantenimiento de Árboles;
- Eficiencia Energética en las Operaciones Municipales; y
- Compras municipales sostenibles

Las jurisdicciones también indicaron que estaban abiertas a colaborar con el Condado en estos temas:

- Aprovechamiento de los créditos y reembolsos fiscales del IRA para residentes e empresas;
- Energía renovable y eficiencia energética para residentes y empresas;
- Reducción de plásticos de un solo uso;
- Transición al vehículo eléctrico; y
- Inventario de gases de efecto invernadero

Colaboración Municipal sobre Clima: Con base en los resultados de la Encuesta de Colaboración Comunitaria y basándose en la Mesa Redonda sobre el Clima, el Departamento de Sustentabilidad brindará asistencia técnica a las jurisdicciones dentro del Condado de Cuyahoga.

Todas las jurisdicciones recibieron inventarios de GEI con emisiones de alcance 1 y 2 dentro de los límites de sus ciudades. El personal del condado proporcionó datos, información clave y un resumen ejecutivo, junto con algunas áreas prioritarias de acción climática basadas en la huella climática única de las jurisdicciones.

Además, el Departamento de Sustentabilidad brinda asistencia técnica en torno a medidas de acción climática apoyadas a través de esta subvención de planificación del CPRG a jurisdicciones seleccionadas. El propósito es poner a prueba un programa en el que una de las acciones climáticas distintivas del condado sea apoyar a las comunidades dentro del condado que quieran tomar medidas climáticas.

La siguiente fase es compartir las lecciones clave aprendidas y utilizar esta base para lanzar sesiones periódicas donde las comunidades puedan conectarse para compartir información y mejores prácticas. La colaboración con la Asociación de Alcaldes y Gerentes del Condado de Cuyahoga y el Consorcio de los Primeros Suburbios es una estrategia de participación clave del Departamento de Sustentabilidad.

Participación comunitaria: La participación de la comunidad es una parte importante de la Estrategia del Departamento de Sustentabilidad, y la difusión de temas relacionados con la Sustentabilidad y el clima es una prioridad durante todo el año. El Departamento de Sustentabilidad organiza seminarios virtuales y participa en varios eventos de presentaciones, charlas y voluntariado durante todo el año. El condado valora esas conversaciones con residentes, empresas y otras partes interesadas.

En 2024, el condado de Cuyahoga participó en 26 eventos comunitarios durante los cuales el personal realizó actividades educativas y de participación con el público relacionadas con la sostenibilidad y el cambio climático. Once de estos eventos ocurren en Zonas de Equidad, que son áreas designadas de desinversión histórica.²⁷ El Departamento de Sustentabilidad del Condado realiza un seguimiento del número de personas que participan activamente en sus esfuerzos (2799 personas involucradas en 2024).

1.6.3. NOACA

Como parte de su trabajo de CPRG, NOACA contrató a Joel Ratner Community Partnership (JRCP) para realizar actividades de divulgación centradas en los LIDAC de la región durante el otoño/invierno de 2024-2025. Este esfuerzo limitado fue la continuación de un esfuerzo de divulgación sólido y exhaustivo previamente completado por JRCP para NOACA.

Esta campaña de LIDAC también se centró en una huella geográfica más pequeña dentro de la región NOACA de cinco condados. Fuera del condado de Cuyahoga, existen áreas censales de LIDAC en las ciudades de Elyria y Lorain (condado de Lorain); la ciudad de Painesville (condado de Lake); y varias áreas pequeñas no incorporadas en el borde Este del condado de Geauga. Técnicamente no hay tramos censales de LIDAC en el condado de Medina.

En el proceso de participación a gran escala anterior, JRCP llevó a cabo 30 sesiones de participación comunitaria en la región de cinco condados. En total, participaron en dichas reuniones aproximadamente 700 personas. Debido a que este proceso anterior (verano/otoño de 2023) fue tan exhaustivo, JRCP y NOACA se centraron más intensamente en los residentes representativos de los LIDAC en este proceso. JRCP se asoció estrechamente con organizaciones que trabajan con o sirven a las poblaciones de LIDAC. De esta manera, JRCP aprovechó la confianza y el acceso de estos socios.

Los socios incluyeron:

- Escuelas de la ciudad de Lorain;
- La YWCA en Elyria;
- HOLA Ohio, al servicio de familias inmigrantes y refugiadas;
- Gathering Hope House, al servicio de personas con enfermedades mentales y diagnósticos duales y múltiples; y
- Centro para personas mayores Soprema

JRCP identificó estos grupos a través de una búsqueda rigurosa de socios y anfitriones de sesiones. JRCP llevó a cabo un proceso extenso, acercándose a múltiples grupos que brindan servicios en cada LIDAC, incluidas organizaciones sin fines de lucro y agencias gubernamentales con acceso a la población objetivo.

En total, 142 personas participaron en sesiones de participación comunitaria (según hojas de registro). De ellos, 128 devolvieron un cuestionario/hoja de respuestas. Esto representa una tasa de respuesta del 90%. No está claro por qué algunas personas no devolvieron el formulario, pero se hizo todo lo posible para alentarlas a hacerlo. En las dos sesiones organizadas por HOLA Ohio, prácticamente todas las respuestas fueron en español y fueron traducidas por el personal de HOLA Ohio.

De aquellos que se registraron y proporcionaron una dirección, la mayoría eran de las ciudades de Painesville, Elyria y Lorain, todas ciudades que tienen un número significativo de tramos censales de LIDAC. Excluyendo la sesión del condado de Medina (sin áreas censales de LIDAC), un total de 126 participantes proporcionaron una dirección física cuando firmaron la hoja. De los que se registraron con una dirección, 113 indicaron direcciones en estas tres ciudades, lo que representa casi el 90% de los participantes.

Cada sesión tuvo un formato idéntico. Cuando los participantes ingresaron a la sala, se les animó a firmar la hoja de asistencia disponible. Cada asiento de la sala contenía un resumen de una página de las Prioridades de Acción Climática Regional que se desarrollaron como parte del PCAP del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. JRCP comenzó la sesión con una presentación de PowerPoint (desarrollada en colaboración con el personal de NOACA). Una vez que el personal del JRCP concluyó la presentación, distribuyó cuestionarios y facilitó los debates.

Las sesiones de participación mostraron una profunda preocupación por la calidad del aire y los impactos del cambio climático, en general. Los tres peligros que más preocuparon a los participantes fueron:

- Preocupaciones sobre la calidad del aire;
- Tormentas eléctricas severas; y
- Contaminación del agua

En este esfuerzo de participación centrado en LIDAC, hubo un fuerte apoyo a las Prioridades de Acción Climática Regional. Las tres prioridades más altas fueron:

- Electricidad limpia;
- Eficiencia edilicia y electrificación; y
- Reducción de millas recorridas por vehículos

Como seguimiento a la pregunta sobre las prioridades, el personal del JRCP preguntó a los participantes si hay otras acciones importantes para abordar el cambio climático. En total, 81 participantes respondieron a esta pregunta. Las respuestas variaron ampliamente, incluyendo:

- Una persona que refleja la opinión de muchos afirmó que “todos son importantes y depende de nuestro gobierno hacer lo correcto y dar pasos en la dirección correcta”;
- Otros estaban más preocupados por la generación de energía y estaban interesados en la energía solar y otras fuentes de energía sostenibles. Muchos mencionaron la necesidad de “electricidad limpia”;
- Muchos sugirieron la necesidad de “paneles solares asequibles”;
- Otro participante indicó su deseo de un mayor “uso de energía limpia”;
- En Painesville hubo un apoyo casi universal y fuerte para cerrar una planta de energía local que quema carbón;
- Muchos hablaron de coches eléctricos u otras mejoras en el transporte que reducirían las emisiones de gases de efecto invernadero;
- “El transporte es un asunto muy importante”
- Una persona dijo: “Limpiemos el lago y el río”;
- Varios participantes mencionaron “agua limpia”. Otros hablaron de problemas respiratorios y de la necesidad de aire limpio;
- Algunos participantes respondieron a esta pregunta apoyando la plantación de árboles; y
- Varios participantes escribieron: “Planta más árboles” o simplemente “árboles”.

Si bien en general hubo aprobación en cuanto a seguir con las prioridades de acción climática, existe cierta preocupación sobre los costos financieros asociados. En particular, los participantes con bajos ingresos se preocupan de cuán prácticas y asequibles serán estas soluciones para ellos.

Muchos de los que participaron mostraron su agradecimiento por haber sido consultados. JRCP realizó un gran esfuerzo para involucrar auténticamente a aquellos de los LIDAC con la ayuda de socios gubernamentales y sin fines de lucro que sirven a esta población. Los participantes reflejaban una amplia gama de edades, razas y etnias.



2022 Inventario de gases de efecto invernadero (GEI) del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria



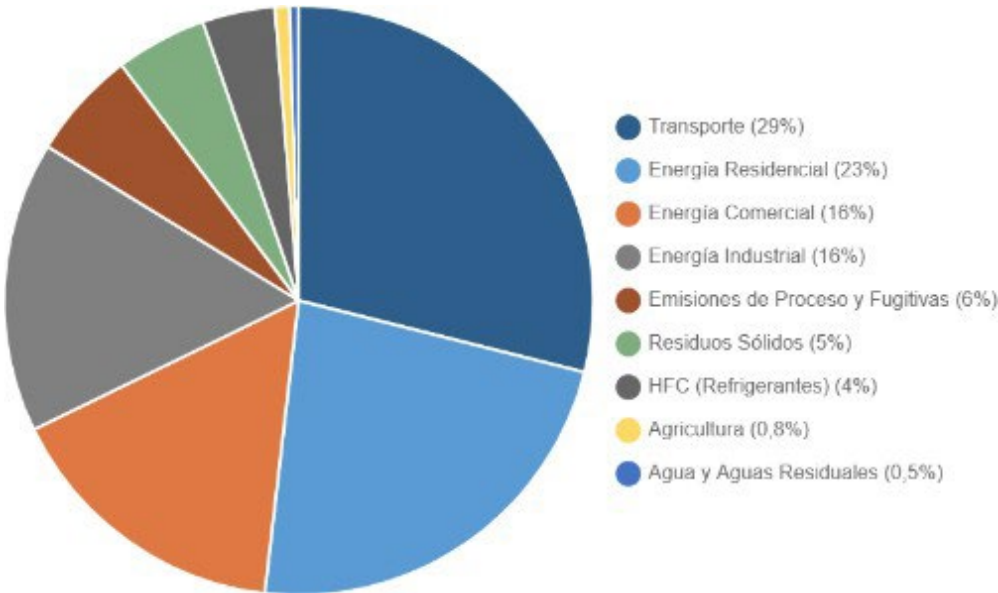
2. Inventario de gases de efecto invernadero (GEI) del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

2.1. Descripción general del inventario

Esta sección proporciona estimaciones de GEI de las actividades en el noreste de Ohio, incluidos los condados de Cuyahoga, Geauga, Lake, Lorain y Medina, durante 2022. También incluye una comparación de las emisiones entre los años de referencia 2022 y 2018. Este capítulo se basa y mejora el inventario de GEI de 2018 completado para el PCAP y constituye la base sobre la que se sustenta todo el CCAP.

En **figura 1** de abajo, a continuación, se muestran las emisiones de toda la comunidad por sector dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria durante 2022. El mayor contribuyente es el transporte con el 29% de las emisiones totales. Los siguientes mayores contribuyentes son la energía residencial (23%), la energía industrial (16%) y la energía comercial (16%). Las emisiones de procesos y fugitivas, los residuos sólidos, los hidrofluorocarbonos (HFC), la agricultura y el agua y las aguas residuales fueron responsables de las emisiones restantes (menos del 16%). Los bosques y los árboles secuestran casi el 4% de las emisiones en todo el Área Metropolitana de Seattle. Las emisiones de GEI durante 2022 fueron 14,2% menores que en el informe de referencia de 2018. Esta reducción fue más del doble de la reducción (6,1%) que se produjo a nivel nacional durante ese período.²⁹ Las emisiones disminuyeron en cada uno de los cinco condados del MSA y disminuyeron en casi todos los sectores. El único sector en el que aumentaron las emisiones fue el de los HFC (refrigerantes).

Figura 1: Emisiones Totales Regionales de GEI en 2022 por Sector



2.2. Metodología de inventario

El primer paso para lograr reducciones tangibles de las emisiones de GEI requiere identificar los niveles de emisiones de referencia y las fuentes y actividades que generan emisiones en la comunidad/región. En esta sección se presentan las emisiones de todo el Área Metropolitana de Seattle. El inventario de operaciones del gobierno es en su mayor parte un subconjunto del inventario de la comunidad (véase la **Figura 2**). Por ejemplo, los datos sobre el uso de energía comercial por parte de la comunidad incluyen la energía consumida por los edificios municipales, y las estimaciones de VMT de la comunidad incluyen las millas recorridas por los vehículos de la flota municipal.

A medida que los gobiernos locales continúan actuando sobre el clima, la necesidad de un enfoque estandarizado para cuantificar las emisiones de GEI ha demostrado ser esencial. Este inventario utiliza el enfoque y los métodos proporcionados por el Protocolo comunitario de Estados Unidos para la contabilización y presentación de informes sobre emisiones de gases de efecto invernadero (Protocolo comunitario), que se analiza a continuación.

Este inventario incluye las emisiones de los cuatro GEI más comunes: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e hidrofluorocarbonos (HFC). Otros gases, como los perfluorocarbonos (PFC), el hexafluoruro de azufre (SF₆) y el trifluoruro de nitrógeno (NF₃) constituyen porcentajes muy pequeños de las emisiones a nivel nacional (por ejemplo, menos del 1%). Como tales, no son un foco de las medidas de reducción de emisiones descritas en este CCAP y no están incluidas en este inventario.

A lo largo de este informe, las emisiones se expresan en toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (MTCO₂e), calculadas utilizando los valores de Potencial de Calentamiento Global (GWP) para el metano y el óxido nitroso del *Quinto Informe de Evaluación* del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). En la **Tabla 3**, a continuación, se detallan los PCG para diferentes GEI.

Figura 2: Relación entre los inventarios de emisiones de las operaciones regionales y gubernamentales



Tabla 3: Valores del potencial de calentamiento global

Gases de Efecto Invernadero	Potencial de Calentamiento Global
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	28
Óxido nitroso (N ₂ O)	265

2.3. Protocolo de emisiones regionales

ICLEI publicó la versión 1.2 del Protocolo comunitario de EE.UU. para contabilizar y reportar emisiones de GEI (Protocolo) en 2019, y representa un estándar nacional en orientación para ayudar a los gobiernos locales de EE. UU. a desarrollar inventarios efectivos de emisiones de GEI comunitarias.³⁰ El Protocolo establece requisitos de presentación de informes para todos los inventarios de emisiones de GEI de la comunidad, proporciona orientación contable detallada para cuantificar las emisiones de GEI asociadas con una variedad de fuentes de emisión y actividades comunitarias, y proporciona una serie de marcos de presentación de informes opcionales para ayudar a los gobiernos locales a personalizar sus informes de inventarios de emisiones de GEI de la comunidad en función de sus objetivos y capacidades locales.

El inventario regional de este informe incluye las emisiones de las cinco Actividades Básicas Generadoras de Emisiones requeridas por el Protocolo. Estas actividades son:

- Uso de electricidad por parte de la región
- Uso de combustible en equipos de combustión estacionarios residenciales y comerciales
- Viajes en vehículos motorizados de pasajeros y mercancías por carretera
- Uso de energía en el tratamiento y distribución de agua potable y aguas residuales
- Generación de residuos sólidos por la región

El inventario regional también incluye las siguientes actividades para convertirlo en un inventario compatible con el Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC) Básico:

- Procesos de tratamiento de aguas residuales
- Transporte ferroviario, marítimo y todoterreno
- Bosque y árboles
- Procesos industriales
- Viajes aéreos de alcance 3

El inventario también incluye HFC (refrigerantes) y emisiones del sector agrícola para cumplir con la orientación del programa CPRG y los comentarios de los esfuerzos de divulgación y participación del CPRG durante 2023.

2.4. Metodología de recopilación de datos y detalles de la fuente de datos

La ciudad de Cleveland recaudó dinero de una variedad de entidades de la región, incluidas las empresas de servicios públicos de electricidad, gas, agua y aguas residuales. A continuación, en **tablas 4, 5 y 6** se detallan los detalles de la metodología y la fuente de datos.³¹

Tabla 4: Fuentes de datos de energía con estimación aplicada

Actividad	Fuente de datos	Brechas de datos/sus oposiciones
A nivel regional		
Electricidad residencial, comercial e industrial	Cooperativa Eléctrica Firelands	Consumo de electricidad interpolado para el condado de Lorain dividiendo el consumo total de usuarios residenciales y comerciales durante 2022, según lo informado a la Administración de Información Energética de los Estados Unidos (U.S. EIA), por el número total de clientes residenciales, informado por la empresa de servicios públicos.
	Cooperativa de Electricidad Rural de Lorain Medina	Consumo de electricidad interpolado para los condados de Lorain y Medina dividiendo el consumo total de usuarios residenciales, comerciales e industriales durante 2022, según lo informado a la EIA de EE.UU., por la proporción de la población total del territorio de 5 condados de la empresa de servicios públicos ubicado en los condados de Lorain y Medina.
Gas natural residencial, comercial e industria	Columbia Gas de Ohio	Incluye datos agrícolas
	Cooperativa de Energía Knox	Uso de gas natural interpolado para cada condado dividiendo el consumo total de usuarios residenciales, comerciales e industriales durante 2022, según lo informado a la EIA de EE. UU., por la proporción de la población total del territorio de 33 condados de la empresa de servicios públicos
	Gas natural del noreste de Ohio	Consumo de gas natural interpolado para los condados de Geauga y Lake dividiendo el consumo total de usuarios residenciales, comerciales e industriales durante 2022, según lo informado a la EIA de EE. UU., por la proporción de la población total del territorio de 15 condados de la empresa de servicios públicos ubicado en los condados de Geauga y Lake.
	Desarrollo Energético Industrial del Norte	Uso de gas natural interpolado para el condado de Medina dividiendo el consumo total de los usuarios industriales durante 2022, según lo informado a la EIA de EE. UU., por la proporción de la población total del territorio de tres condados de la empresa de servicios públicos ubicado en el condado de Medina.

Tabla 5: Factores de emisión para el consumo de electricidad

Utilidad / Año	CO2 (libras por MWh)	CH4 (libras por GWh)	N2O (libras por GWh)	Brechas de datos/sus oposiciones
Ciudad de Amherst/ 2022	1,042	87	12	Proporcionado por American Municipal Power (AMP)
Ciudad de Oberlin / 2022	172	87	12	Proporcionado por AMP
Ciudad de Wadsworth / 2022	774.41	43.87	6	Proporcionado por AMP
Energía Pública de Cleveland (CPP) / 2022	779.85	87	12	Calculado en base a datos de electricidad por fuente proporcionados por CPP
FirstEnergy / 2022	810.84	87	12	Proporcionado por FirstEnergy
Pueblo de Grafton / 2021	825	87	12	Proporcionado por AMP
Pueblo de Seville / 2022	780.59	55.19	7.61	Proporcionado por AMP

Tabla 6: Fuentes de datos de aguas residuales con estimación aplicada

Actividades	Fuentes de datos	Brechas de datos/sus oposiciones
A nivel regional		
N2O de la descarga de efluentes y emisiones de proceso de N2O	Condado de Cuyahoga (Bedford, Bedford Heights, Chagrin Falls, North Royalton, Strongsville) + Condado de Geauga (Burton, Chardon, Departamento de Recursos Hídricos del Condado de Geauga) + Condado de Lorain (Amherst, Avon Lake, Grafton, LaGrange, Distrito Rural de Aguas Residuales del Condado de Lorain (LORCO), Oberlin, Wellington) + Condado de Medina (Lodi, Seville, Spencer, Westfield Center)	Emisiones estimadas de pequeñas empresas de servicios públicos para las que el personal no recibió datos. Estimaciones basadas en toneladas de N 2 O por millón de galones por día (MGD) de aguas residuales tratadas, según datos informados para empresas de servicios públicos más pequeñas (menos de cinco (5) MGD) ubicadas en el condado

2.5. Fuentes y actividades

Las comunidades contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero de muchas maneras. Como se explica en la **Tabla 7**, hay dos categorizaciones principales de emisiones en un inventario comunitario: 1) Emisiones de GEI que son producidas por “fuentes” ubicadas dentro de los límites de la comunidad, y 2) Emisiones de GEI producidas como consecuencia de “actividades” de la comunidad.

Tabla 7: Fuente vs. Actividad de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

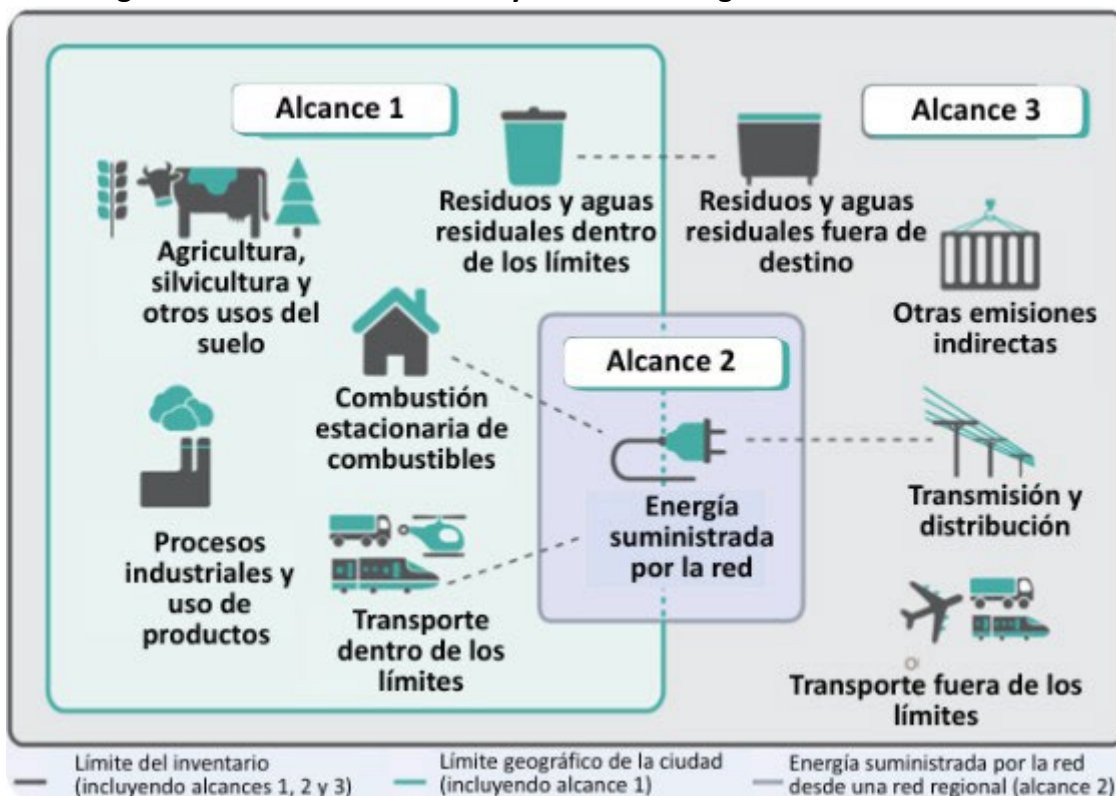
Fuente	Actividad
Cualquier proceso físico dentro del límite jurisdiccional que libere emisiones de GEI a la atmósfera	El uso de energía, materiales y/o servicios por parte de los miembros de la comunidad que resultan en la creación de emisiones de GEI.

Los gobiernos locales pueden desarrollar y promover una comprensión más profunda de las emisiones de GEI asociadas con sus comunidades al informar sobre las **fuentes y actividades** de emisiones de GEI.

- **Un inventario de emisiones basado puramente en la fuente** podría resumirse para estimar las emisiones totales liberadas dentro del límite jurisdiccional de la comunidad.
- Por el contrario, **un inventario de emisiones basado puramente en la actividad** podría proporcionar una perspectiva sobre la eficiencia de la comunidad, incluso cuando las emisiones asociadas ocurren fuera del límite jurisdiccional.

El GPC, a su vez, divide las emisiones de GEI de la comunidad en Alcances 1, 2 y 3, en lugar de fuentes y actividades. En la **figura 3** se describen estos alcances y cómo alinean las fuentes de emisiones y las actividades.

Figura 3: Fuentes de emisiones y actividades según el alcance del GPC



La ciudad de Cleveland y NOACA se han asegurado de que este inventario de GEI del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria se alinee con la guía CPRG de la EPA de EE. UU. La **Tabla 8** relaciona las diferentes fuentes de emisiones y actividades generadoras de emisiones dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria con los sectores de inventario descritos en la guía de la EPA.

Tabla 8: Fuentes y actividades de emisiones por sector inventario

Fuente/Actividad	Sector de Inventario de GEI
Uso de electricidad	Energía residencial, Energía comercial, Energía industrial
Uso de gas natural	Energía residencial, Energía comercial, Energía industrial
Emisiones fugitivas (ductos, pozos de petróleo y gas)	Procesos y emisiones fugitivas
Tratamiento de aguas residuales	Agua y aguas residuales
Generación de residuos sólidos (vertederos, composta)	Residuos sólidos
Vehículos de carretera Aviación Transporte ferroviario	Transporte y fuentes móviles

Transporte acuático	
Vehículos todoterreno	
Procesos industriales (por ejemplo, fabricación de acero, producción de hormigón)	Energía industrial, procesos y emisiones fugitivas
HFC (refrigerantes)	HFC (refrigerantes)
Agricultura (fertilizantes, manejo del ganado)	Agricultura

2.6. Año de referencia

El proceso de inventario requiere la selección de un año de referencia con el cual comparar las emisiones actuales. Como parte del PCAP, el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria estableció 2018 como su año de referencia, ya que fue el año más reciente para el cual se disponía de los datos necesarios en ese momento y precedió a los impactos de las medidas de mitigación relacionadas con la pandemia de COVID-19 durante 2020.

2.7. Métodos de cuantificación

Una comunidad puede cuantificar las emisiones de GEI de dos maneras:

- **Metodología basada en mediciones:** la medición directa de las emisiones de GEI (de un sistema de monitoreo) emitidas por un conducto de humos de una central eléctrica, una planta de tratamiento de aguas residuales, un vertedero o una instalación industrial.
- **Metodología basada en cálculo:** cálculo de emisiones utilizando datos de actividad y factores de emisión. Este enfoque utiliza el siguiente cálculo básico:

$$\text{Datos de actividad} \times \text{Factor de emisiones} = \text{Emisiones}$$

La ciudad de Cleveland cuantificó la mayoría de las fuentes de emisiones incluidas en este inventario del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria a través de metodologías basadas en cálculos. Los datos de actividad se refieren a la medición relevante del uso de energía u otros procesos de generación de GEI, como el consumo de combustible por tipo de combustible, el consumo de electricidad anual medido y las millas recorridas por vehículos al año. Consulte las tablas anteriores para obtener una lista detallada de los datos de actividad utilizados para componer este inventario.

Cleveland empleó factores de emisión establecidos para convertir el consumo de energía u otros datos de actividad en emisiones totales. Los factores de emisión se expresan en términos de emisiones por unidad de datos de actividad (por ejemplo, libras de CO₂ /kWh de electricidad). La ciudad de Cleveland utilizó la herramienta de inventario ClearPath de ICLEI para calcular las emisiones, con algunas excepciones, que se describen a continuación.

Procesos industriales y uso de productos (IPPU): Los datos sobre el uso de energía y las emisiones de IPPU provienen de la Herramienta de información a nivel de instalaciones sobre gases de efecto invernadero (FLIGHT) de la EPA de EE. UU. Esta herramienta proporciona datos a nivel de instalaciones para las entidades

cubiertas por el Programa de Informes de Gases de Efecto Invernadero (GHGRP), que exige informes anuales de emisiones de las instalaciones que emiten directamente al menos 25 000 MTCO_{2e}.³² Durante 2022, 21 instalaciones en todo el MSA informaron al GHGRP. El personal excluyó el uso de energía y las emisiones provenientes del consumo de electricidad y gas natural para evitar la doble contabilización, lo que dejó nueve instalaciones que informaron emisiones de IPPU. Los procesos industriales generan GEI de diversas maneras, incluida la conversión de mineral de hierro en metal durante la fabricación de acero y la creación de cal a partir de piedra caliza durante la producción de hormigón. Las emisiones derivadas del uso de productos industriales en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria provienen del uso de una variedad de combustibles no destinados a servicios públicos, incluidos gases de alto horno y combustibles para calefacción.

HFC (Refrigerantes) El personal de la ciudad de Cleveland redujo las emisiones nacionales de HFC con datos de 2022 de la EPA de EE. UU.³³ El personal estimó las emisiones de HFC per cápita, basándose en los datos de población de EE. UU. de 2022, y luego multiplicó este valor de emisiones per cápita por la población de cada condado del MSA.

Agricultura: El personal de la ciudad de Cleveland utilizó la metodología desarrollada en asociación con NOACA e ICLEI USA para el PCAP, basada en datos de 2022 de la EPA de EE. UU. y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). El personal redujo las emisiones de GEI agrícolas del estado de Ohio al nivel de condado. Para ello, el personal determinó la proporción de tierras de cultivo ubicadas en los condados de Cuyahoga, Geauga, Lake, Lorain y Medina durante 2022, según el *Censo de Agricultura* del USDA. Luego, el personal asignó a cada condado una parte de las emisiones estatales igual a su parte de tierras de cultivo del estado.³⁴ Las fuentes de emisiones incluyeron la gestión del suelo agrícola, la fermentación entérica, la gestión del estiércol, la fertilización con urea, la quema de residuos agrícolas en el campo y el encalado.

En las **tablas 9 a 14** de las páginas siguientes se desglosan los inventarios de GEI para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria y para cada uno de los cinco condados de la región. Los asteriscos (*) indican los datos que el personal actualizó a partir del inventario de referencia de 2018 para garantizar la coherencia y la precisión. Las **figuras 4-8**, a su vez, muestran la distribución de las emisiones de GEI por sector para cada condado durante el año 2022.

Tabla 9: Resultados del inventario del Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria de 2022

Sector	Combustible o Fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO ₂ e)		Cambio Porcentual
		2018	2022		2018	2022	
Energía Residencial	Electricidad	7.554.518.825	7.503.332.440	kWh	3.490.047	2.775.682	
	Gas Natural	81.428.970*	77.316.450	MMBtu	4.331.927*	4.108.092	
	Propano	1.170.862	1.160.042	MMBtu	72.662	74.469	
	Aceite combustible	710.679	439.171	MMBtu	52.915	32.698	
	Total de Energía Residencial				7.947.551*	6.990.940	-12.0%
Energía Comercial	Electricidad	7.820.324.931	7.061.745.524	kWh	4.059.675	2.577.490	
	Gas Natural	39.476.927*	39.939.787	MMBtu	2.099.640*	2.124.130	
	Total de Energía Comercial				6.159.315*	4.701.619	-23.7%
Energía Industrial	Electricidad	7.544.519.035	6.744.776.571	kWh	3.948.446	2.504.137	
	Gas Natural	9.567.373*	10.426.661	MMBtu	507.783*	553.390	
	Combustibles no destinados a servicios públicos				2.331.816	1.881.758	
	Total de Energía Industrial				6.788.045*	4.939.298	-27.2%
Transporte y fuentes móviles	Gasolina	15.539.152.438	16.221.006.125	VMT	6.303.887	5.906.666	
	Diesel	1.167.907.440	1.171.752.406	VMT	2.018.767	1.963.690	
	Aviación				422.056	422.032	
	Transporte ferroviario				6.522	160.461	
	Transporte público				37.750	20.815	
	Transporte acuático				249.241	207.269	
	Fuera de la carretera				106.369	76.245	

Sector	Combustible o Fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO ₂ e)		Cambio Porcentual
		2018	2022		2018	2022	
	Total de transporte y fuentes móviles				9.144.592	8.757.178	-4.2%
Residuos sólidos	Generación de residuos	2.450.730	2.429.767	Montone s	1.422.575	1.370.110	
	Compostaje	304.938	246.735	Montone s	21.233	34.042	
	Combustión de residuos sólidos	890	1.838	Montone s	308	637	
	Total de residuos sólidos				1.444.115	1.404.789	-2.7%
Agua y aguas residuales	Sistemas sépticos				89.524	86.966	
	Combustión de gas digestor				19	1.305	
	Combustión de biosólidos y lodos				12.480	10.152	
	Emisiones de N ₂ O				14.049	15.390	
	Total de agua y aguas residuales				116.072	113.813	-1.9%
Procesos y emisiones fugitivas	Distribución de gas natural	169.904.636	131.437.016	MMBtu	319.055	232.603	
	Pozos de gas y petróleo				587.892	587.892	
	Otros procesos y emisiones fugitivas				1.148.564	1.027.611	
	Total de emisiones fugitivas y de proceso				2.055.510	1.848.105	-10.1%
	HFC (refrigerantes)				1.014.496	1.140.996	12.5%
	Agricultura				296.577	254.470	-14.2%
	Emisiones brutas totales				34.966.243*	30.151.210	-13.8%
	Eliminación de emisiones de bosques y árboles total				-1.169.371		
	Emisiones totales con secuestro				33.796.872*	28.981.839	-14.2%

Tabla 10: Inventario de emisiones del condado de Cuyahoga de 2022

Sector	Combustible o fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO2e)		Cambio porcentual
		2018	2022		2018	2022	
Energía residencial	Electricidad	4.220.828.789	4.041.822.934	kWh	1.839.880	1.491.333	
	Gas Natural	55.215.074*	51.930.121	MMBtu	2.936.698*	2.761.815	
	Propano	497.744	526.327	MMBtu	30.889	32.663	
	Aceite combustible	84.972	46.078	MMBtu	6.327	3.431	
Total de Energía Residencial					4.813.793*	4.289.242	-10.90%
Energía Comercial	Electricidad	5.224.248.774	4.770.754.859	kWh	2.781.715	1.757.422	
	Gas Natural	27.123.308*	27.127.596	MMBtu	1.442.594*	1.445.128	
Total de Energía Comercial					4.224.309*	3.202.550	-24.20%
Energía Industrial	Electricidad	5.566.716.131	4.860.439.583	kWh	2.964.066	1.792.250	
	Gas Natural	3.489.616*	5.183.373	MMBtu	185.210*	275.118	
	Combustibles no destinados a servicios públicos				2.242.573	1.779.750	
Total de energía industrial					5.391.849*	3.847.118	-28.60%
Transporte y fuentes móviles	Gasolina	8.763.716.875	8.932.129.598	VMT	3.534.879	3.240.546	
	Diesel	658.621.243	671.278.205	VMT	1.137.775	1.120.922	
	Aviación				422.044	422.031	
	Transporte ferroviario				6.335	72.191	
	Transporte público				37.75	18.956	
	Transporte acuático				202.686	159.484	
	Fuera de la carretera				59.275	41.51	

Sector	Combustible o fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO2e)		Cambio porcentual
		2018	2022		2018	2022	
	Total de transporte y fuentes móviles				5.400.744	5.075.639	-6.00%
Residuos sólidos	Generación de residuos	1.509.312	1.533.251	Montones	876.11	864.578	
	Compostaje	185.105	137.661	Montones	12.888	18.993	
	Combustión de residuos sólidos		938	Montones		325	
	Total de residuos sólidos				888.998	883.896	-0.60%
Agua y aguas residuales	Sistemas sépticos	242.078	242.078	Montones	29.412	28.571	
	Combustión de gas digestor	83.6	86.6	Población de servicio	8	38	
	Combustión de biosólidos y lodos				12.48	10.152	
	Emisiones de N2O				11.945	11.321	
	Total de agua y aguas residuales				53.845	50.082	-7.00%
Procesos y emisiones fugitivas	Distribución de gas natural	102.309.483	88.891.205	MMBtu	196.978	156.04	
	Pozos de gas y petróleo				143.385	143.385	
	Otros procesos y emisiones fugitivas				918.18	830.389	
	Total de emisiones fugitivas y de proceso				1.258.543	1.129.813	-10.20%
	HFC (refrigerantes)				614.462	689.406	12.20%
	Agricultura				2.135	1.364	-36.10%
	Emisiones brutas totales				22.648.678*	19.169.110	-15.40%
	Eliminación de emisiones de bosques y árboles total					-233.766	
	Emisiones totales con secuestro				22.414.912*	18.935.344	-15.50%

Tabla 11: Inventario de emisiones del condado de Geauga de 2022

Sector	Combustible o Fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO ₂ e)		Cambio Porcentual
		2018	2022		2018	2022	
Energía residencial	Electricidad	480.096.397	458.200.020	kWh	207.535	169.694	
	Gas Natural	2.747.811*	2.734.405	MMBtu	146.147*	145.423	
	Propano	91.272*	88.171	MMBtu	5.664	5.472	
	Aceite combustible	315.188*	196.857	MMBtu	23.468	14.657	
Total de Energía Residencial					382.814*	335.245	-12.4%
Energía Comercial	Electricidad	335.961.964	281.974.308	kWh	145.228	104.429	
	Gas Natural	1.078,0398	1.232.970	MMBtu	57.337*	65.573	
Total de Energía Comercial					202.565*	170.002	-16.1%
Energía Industrial	Electricidad	244.082.189	256.001.509	kWh	105.511	94.810	
	Gas Natural	315.578*	242.149	MMBtu	16.749*	12.852	
	Combustibles no destinados a servicios públicos						
Total de energía industrial					122.260*	107.662	-11.9%
Transporte y fuentes móviles	Gasolina	783.783.448	825.101.261	VMT	317.712	300.834	
	Diesel	58.994.453	62.009.008	VMT	98.384	103.636	
	Aviación						
	Transporte ferroviario						
	Transporte público						
	Transporte acuático						
	Fuera de la carretera					4.877	
Total de transporte y fuentes móviles						409.347	-3.1%

Sector	Combustible o Fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO2e)		Cambio Porcentual
		2018	2022		2018	2022	
Residuos sólidos	Generación de residuos	73.078	77.953	Montones	42.420	43.957	
	Compostaje	37.702	33.607	Montones	2.625	4.637	
	Combustión de residuos sólidos		4	Montones		2	
Total de residuos sólidos					45.045	48.595	7.9%
Agua y aguas residuales	Sistemas sépticos	93.859	93.859	Población servido	11.404	11.078	
	Combustión de gas digestor						
	Combustión de biosólidos y lodos						
	Emisiones de N2O				30	312	
Total de agua y aguas residuales					11.434	11.389	-0.4%
Procesos y emisiones fugitivas	Distribución de gas natural	3.652.561	4.125.566	MMBtu	7.368	7.189	
	Pozos de gas y petróleo				134.546	134.546	
	Otros procesos y emisiones fugitivas						
Total de emisiones fugitivas y de proceso					141.914	141.735	-0.1%
HFC (refrigerantes)					46.345	52.368	13.0%
Agricultura					66.863	58.335	-12.8%
Emisiones brutas totales					1.441.821*	1.334.679	-7.4%
Total de eliminación de emisiones de bosques y árboles					-361.018		
Emisiones totales con secuestro					1.080.803*	973.661	-9.9%

Figura 4: Emisiones de GEI del condado de Cuyahoga en 2022 por sector

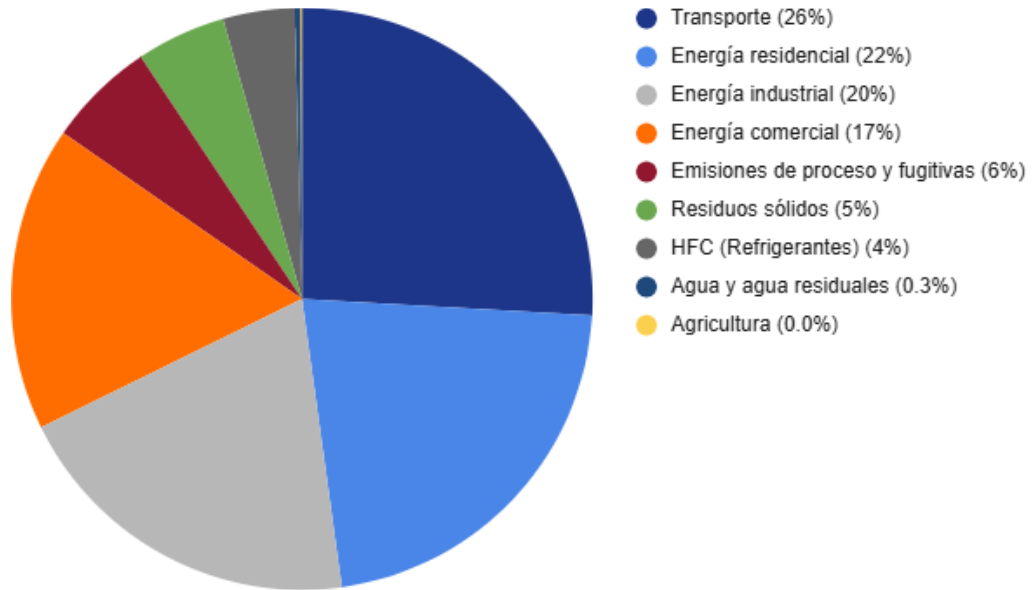


Figura 5: Emisiones de GEI del condado de Geauga en 2022 por sector

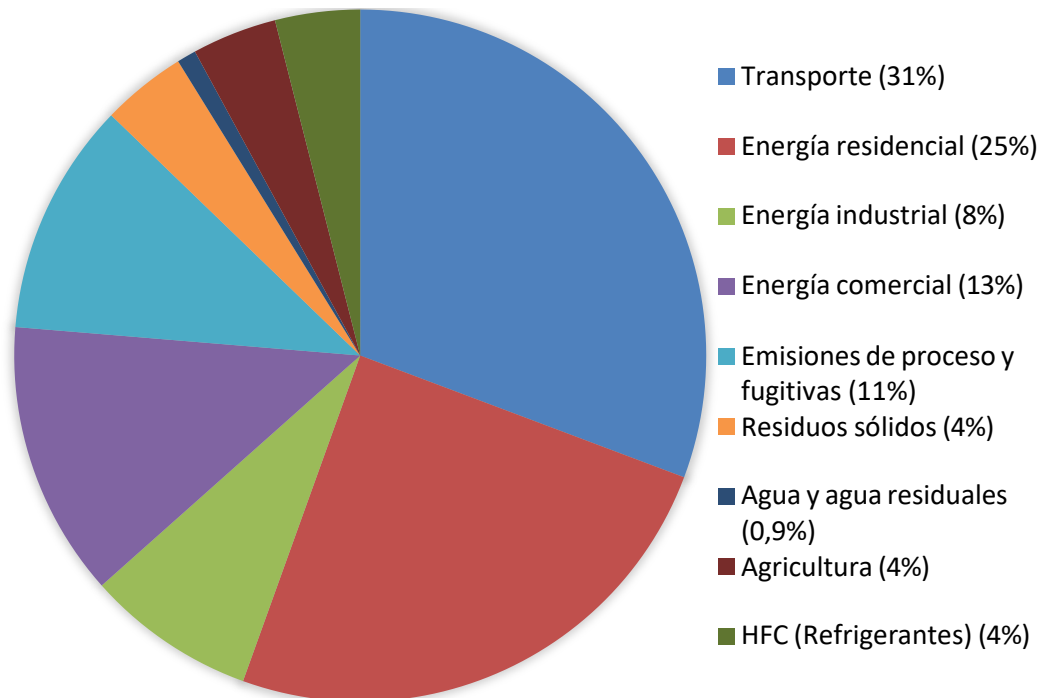


Tabla 12: Inventario de emisiones del condado de Lake de 2022

Sector	Combustible o fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO2e)		Cambio porcentual
		2018	2022		2018	2022	
Energía residencial	Electricidad	906.150.299	883.041.980	kWh	506.729	334.437	
	Gas Natural	8.351.461*	7.930.031	MMBtu	444.185*	421.745	
	Propano	85.581	94.451	MMBtu	5.311	5.862	
	Aceite combustible	102.668	67.813	MMBtu	7.644	5.049	
Total de Energía Residencial					963.869*	767.092	-20.4%
Energía Comercial	Electricidad	967.757.939	839.859.052	kWh	539.165	318.282	
	Gas Natural	3.371.014*	3.722.638	MMBtu	179.292*	197.982	
Total de Energía Comercial					718.457*	516.264	-28.1%
Energía Industrial	Electricidad	577.753.228	548.761.691	kWh	319.314	206.946	
	Gas Natural	559.026*	1.248.587	MMBtu	29.670*	66.268	
	Combustibles no destinados a servicios públicos				84.850	96.603	
Total de energía industrial					433.834*	369.817	-14.8%
Transporte y fuentes móviles	Gasolina	1.775.729.312	1.698.197.785	VMT	727.972	853.752	
	Diesel	133.451.715	127.625.014	VMT	231.624	215.316	
	Aviación				6		
	Transporte ferroviario					28.438	
	Transporte público					1.859	
	Transporte acuático				33.795	30.342	
	Fuera de la carretera				14.002	9.796	
Total de Transporte y fuentes móviles					1.139.549	1.007.399	13.1%
Residuos sólidos	Generación de residuos	238.705	275.550	Montones	138.561	155.378	
	Compostaje	38.372	30.297	Montones	2.672	4.180	
	Combustión de residuos sólidos			Montones			
Total de residuos sólidos					141.233	159.559	13.0%

Sector	Combustible o fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO2e)		Cambio porcentual
		2018	2018		2018	2022	
Agua y aguas residuales	Sistemas sépticos	119.913	119.913	Población de servicio	14,569	14.153	
	Combustión de gas digestor	55.567	149.642	Población de servicio	3	9	
	Combustión de biosólidos y lodos						
	Emisiones de N2O				826	1.187	
	Total de agua y aguas residuales				15,398	15.349	-0.3%
Procesos y emisiones fugitivas	Distribución de gas natural	11.734.203	12.884.994	MMBtu	23.671	22.415	
	Pozos de gas y petróleo				65.436	65,436	
	Otros procesos y emisiones fugitivas				230.384	197,222	
	Total de emisiones fugitivas y de proceso				319.491	285.074	-10.8%
	HFC (refrigerantes)				113.001	127.409	12.8%
	Agricultura				12.545	12.112	-3.5%
	Emisiones brutas totales				3.725.227*	3.392.180	-8.9%
	Eliminación de emisiones de bosques y árboles Total						-165.452

Tabla 13 : Inventario de emisiones del condado de Lorain de 2022

Sector	Combustible o Fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO ₂ e)		Cambio Porcentual
		2018	2022		2018	2022	
Energía residencial	Electricidad	1.173.965.126	1.307.302.496	kWh	566,728	475.290	
	Gas Natural	9.562.577*	9.361.754	MMBtu	508,601*	494.039	
	Propano	275,145	251.200	MMBtu	17,075	15.589	
	Aceite combustible	74,104	46.823	MMBtu	5,518	3.486	
Total de Energía Residencial					1.097.923*	988.404	-10.0%
Energía Comercial	Electricidad	855.797.279	764.282.012	kWh	391,673	253,280	
	Gas Natural	4.892.982*	4.954.905	MMBtu	260,241*	263,518	
	Total de Energía Comercial					651,914*	516,799
Energía Industrial	Electricidad	704.467.502	646.218.556	kWh	313,334	525,078	
	Gas Natural	3.536.054*	2.474.828	MMBtu	187,674*	131,350	
	Combustibles no destinados a servicios públicos				4,393	5,405	
Total de energía industrial					505,401*	388,833	-23.1%
Transporte y fuentes móviles	Gasolina	2.367.586.799	2.327.756.398	VMT	973,673	857.294	
	Diesel	177.931.690	174.938.364	VMT	309,532	295.379	
	Aviación				6	1	
	Transporte ferroviario				187	50.351	
	Transporte público						
	Transporte acuático				12.760	17,443	
	Fuera de la carretera				17.242	12.854	
Total de transporte y fuentes móviles					1.313.400	1.233.321	-6.1%
Residuos sólidos	Generación de residuos	406.699	337.393	Montones	237.818	190.251	
	Compostaje	33.902	41.085	Montones	2.361	5.669	
	Combustión de residuos sólidos	890	890	Montones	308	309	
	Total de residuos sólidos					240.487	196.228

Sector	Combustible o fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO2e)		Cambio porcentual
		2018	2022		2018	2022	
Agua y aguas residuales	Sistemas sépticos	171.461	171.461	Población de servicio	20.832	20.237	
	Combustión de gas digestor	113.844	118.000	Población de servicio	7	90	
	Combustión de biosólidos y lodos						
	Emisiones de N2O				1.141	2.160	
	Total de agua y aguas residuales				21.980	22.488	2.3%
Procesos y emisiones fugitivas	Distribución de gas natural	35.634.279	16.279.432	MMBtu	61.824	30.059	
	Pozos de gas y petróleo				62.566	62.566	
	Otros procesos y emisiones fugitivas						
	Total de emisiones fugitivas y de proceso				124.390	92.625	-25.5%
	HFC (refrigerantes)				152.041	171.773	13.0%
	Agricultura				120.144	94.931	-21.0%
	Emisiones brutas totales				4.227.680*	3.705.403	-12.4%

Figura 6: Emisiones de GEI del condado de Lake en 2022 por sector

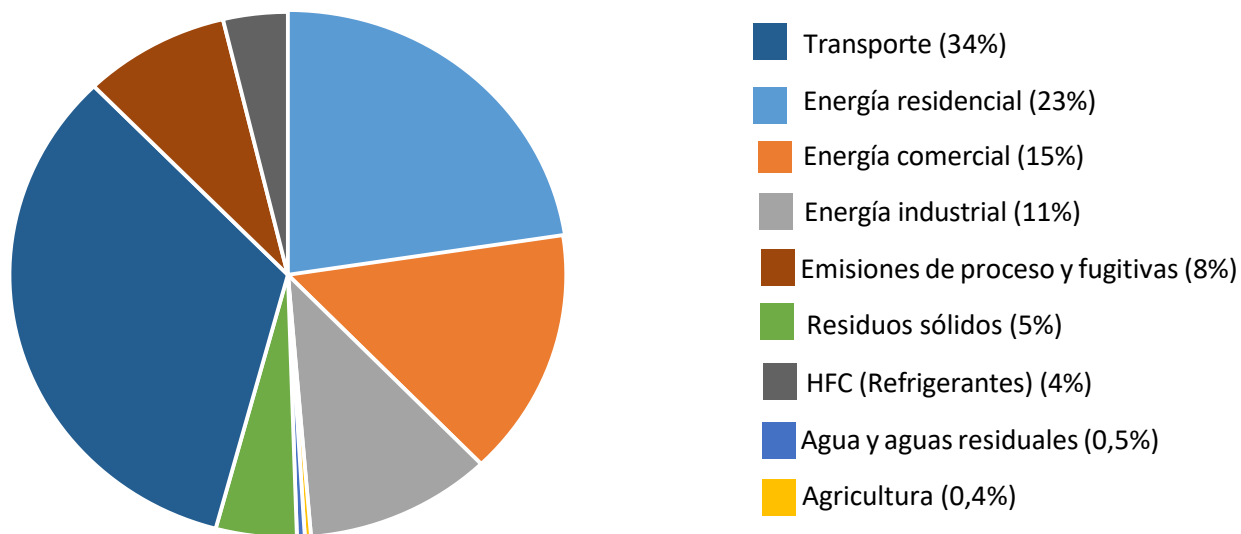


Figura 7: Emisiones de GEI del condado de Lorain en 2022 por sector

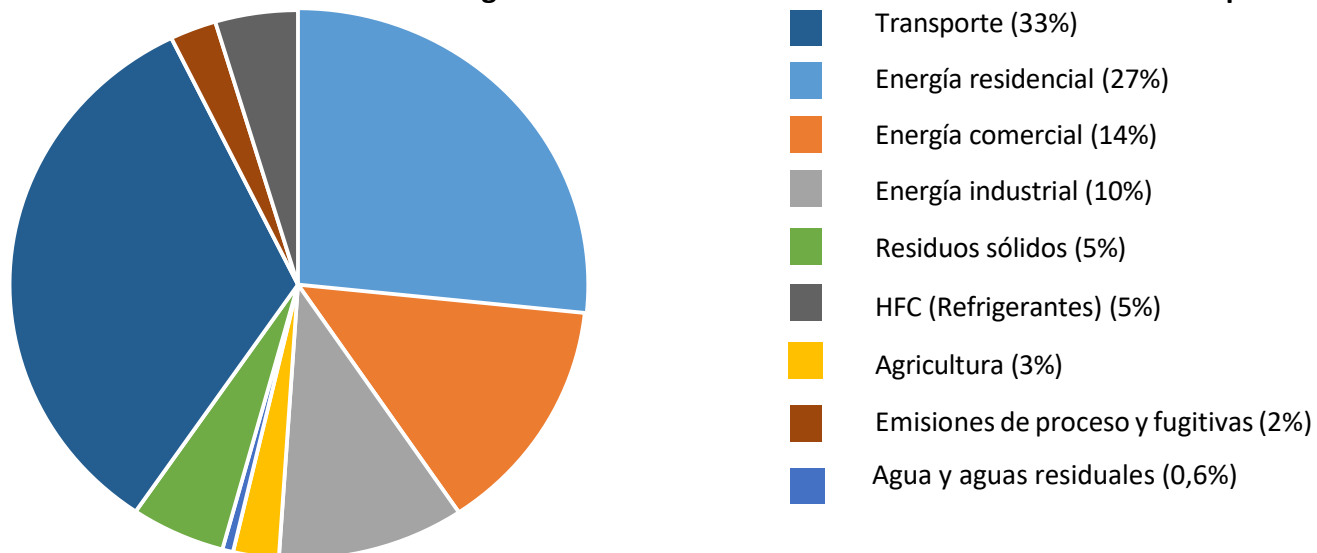
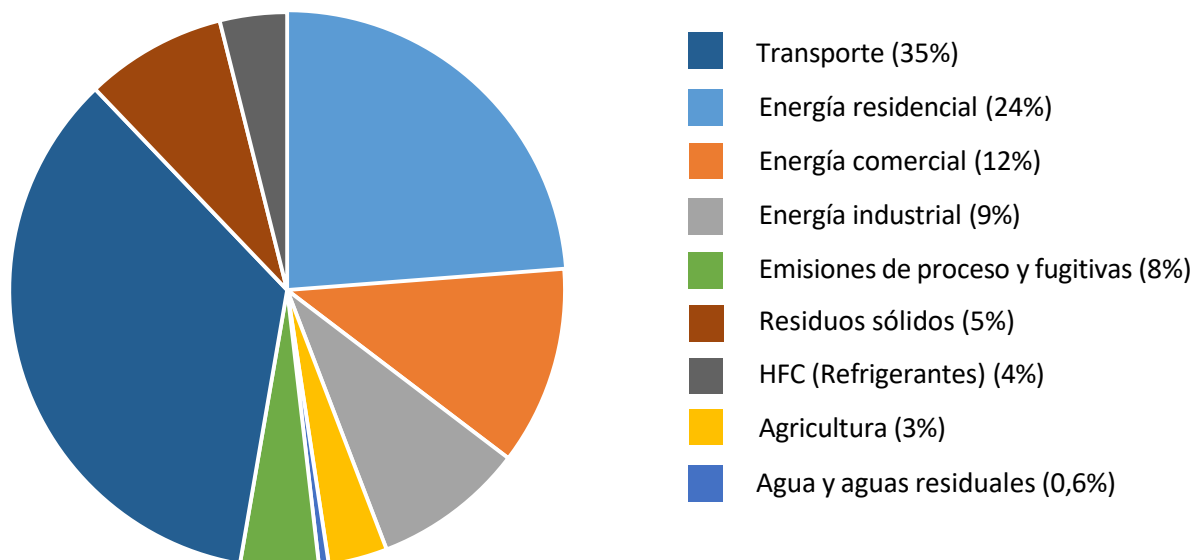


Tabla 14: Inventario de emisiones del condado de Medina de 2022

Sector	Combustible o fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO ₂ e)		Cambio porcentual
		2018	2022		2018	2022	
Energía residencial	Electricidad	773.478.214	812.965.010	kWh	369,176	304.929	
	Gas Natural	5.552.047*	5.360.139	MMBtu	296,296*	285.07	
	Propano	221.121	199.892	MMBtu	13,723	14.883	
	Aceite combustible	133.746	81.559	MMBtu	9,958	6.075	
Total de Energía Residencial					689,152*	610.957	-11.30%
Energía Comercial	Electricidad	436.558.974	404.875.293	kWh	201.894	144.077	
	Gas Natural	3.011.584*	2.856.678	MMBtu	160.176*	151.928	
Total de Energía Comercial					362.070*	296.004	-18.20%
Energía Industrial	Electricidad	451.505.985	423.355.232	kWh	246.221	158.054	
	Gas Natural	1.667.099*	1.277.725	MMBtu	88.480*	67.815	
	Combustibles no destinados a servicios públicos						
Total de energía industrial					334.701*	225.869	-32.50%
Transporte y fuentes móviles	Gasolina	1.848.336.004	1.808.330.158	VMT	749.651	654.24	
	Diesel	138.908.339	135.901.815	VMT	241.452	228.436	
	Aviación						
	Transporte ferroviario					9.436	
	Transporte público						
	Transporte acuático						
	Fuera de la carretera				9.366	7.208	

Sector	Combustible o fuente	Uso		Unidad	Emisiones (MTCO ₂ e)		Cambio porcentual
		2018	2022		2018	2022	
	Transporte y fuentes móviles total				1.000.469	899.321	-10.10%
Residuos sólidos	Generación de residuos	205,620	219,936	Montones	115,946	127,666	
	Compostaje	9,857	9,857	Montones	564	686	
	Incineración de residuos sólidos	6		Montones	2		
	Total de residuos sólidos				116,512	128,352	-9.20%
Agua y aguas residuales	Septic Systems	109,535	109,535	Población de servicio	12,928	13,308	
	Combustión de gas digestor	82,600	25,000	Población de servicio	1,168		
	Combustión de biosólidos y lodos						
	Emisiones de N ₂ O				409	107	
	Total de agua y aguas residuales				14,505	13,415	8.10%
Procesos y emisiones fugitivas	Distribución de Gas Natural	9,255,819	16,574,163	MMBtu	16,900	29,214	
	Pozos de gas y petróleo				181,958	181,958	
	Otros procesos y emisiones fugitivas						
	Total de emisiones fugitivas y de proceso				198,858	211,172	-5.80%
	HFCs (Refrigerantes)				100,039	88,646	12.90%
	Agricultura				87,728	94,890	-7.50%
	Emisiones brutas totales				2,549,792	2,922,867	-12.80%
	Eliminación de emisiones de bosques y árboles Total					-202,262	
	Emisiones totales con secuestro				2,347,530	2,720,605	-13.70%

Figura 8: Emisiones del condado de Medina en 2022 por sector

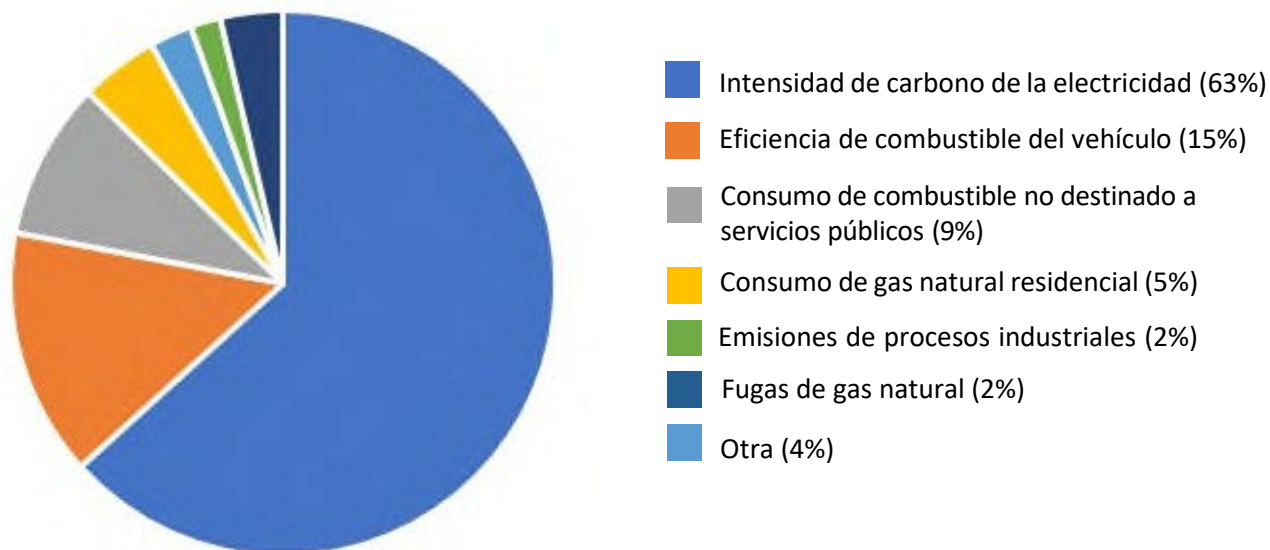


2.8. Tendencias de las emisiones de GEI del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria: 2018 a 2022

Las emisiones de GEI en 2022 fueron un 14,2% inferiores a las del año de referencia de 2018. Las mayores disminuciones sectoriales ocurrieron en Energía Industrial (-27,2%), Energía Comercial (-23,7%) y Energía Residencial (-12,0%). El único sector en el que aumentaron las emisiones fue el de los HFC (refrigerantes) (12,5%). Las emisiones per cápita cayeron un 14,5%, a 14,5 toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (MTCO_{2e}) en 2022. Teniendo en cuenta la inflación, el producto interno bruto (PIB) regional aumentó un 6% a 138,3 mil millones de dólares desde 130,5 mil millones de dólares, en dólares de 2017. Como resultado, las MTCO_{2e} por millón de dólares de PIB cayeron un 18,6%, lo que demuestra la disociación entre el crecimiento económico y los GEI.

La **figura 9** identifica las principales fuentes de las reducciones de GEI observadas entre 2018 y 2022. La intensidad promedio de carbono de la electricidad en el noreste de Ohio cayó un 26,5%, de 1106 libras por megavatio hora (lbs/MWh) a 813 lbs/MWh. Esta reducción en la intensidad de carbono de la electricidad de la red redujo las emisiones de GEI en 3,76 MMTCO_{2e} (63,3%). La eficiencia de combustible de los vehículos de gasolina y diésel mejoró un 17,2% y un 1,6%, respectivamente, lo que representó el 14,8% de la reducción total de emisiones. Esta reducción se produjo a pesar de un aumento del 4,1% en las millas recorridas por vehículos (VMT). La industria representó el 11,9% de la reducción observada, debido al menor uso de combustibles no destinados a servicios públicos (9,3%) y a la reducción de las emisiones de los procesos industriales (2,5%). Las reducciones restantes se debieron a una disminución del uso de gas natural residencial (4,6%), una reducción de las fugas de gas natural (1,8%) y otras fuentes (3,7%).

Figura 9: Fuentes de reducción de emisiones de GEI en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria, de 2018 a 2022

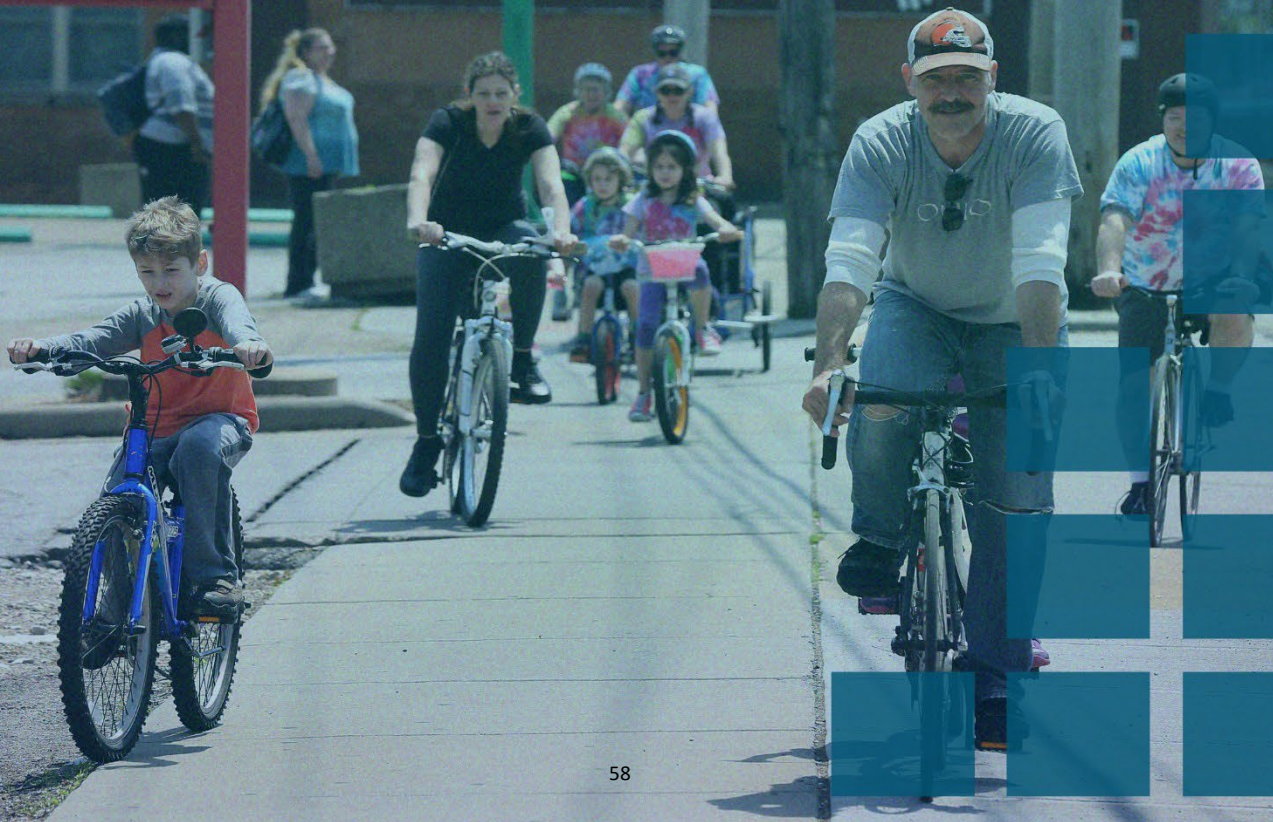


2.9. Próximos pasos del inventario de GEI

En el futuro, el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria actualizará este inventario de GEI cada dos años para evaluar el progreso de la implementación de las acciones descritas en este CCAP. La próxima actualización del inventario se incluirá en el Informe de estado del CPRG, que NOACA entregará a la EPA de EE. UU. durante julio de 2027.



Objetivos de reducción de GEI a corto y largo plazo



3. Objetivos de reducción de GEI a corto y largo plazo

En la guía del CCAP, la EPA de EE. UU. solicita a las Áreas Metropolitanas de Estadísticas (MSA) que establezcan objetivos de reducción de emisiones a corto y largo plazo para toda la economía que “no deberían ser incompatibles con los compromisos formales de Estados Unidos de reducir las emisiones entre un 50 % y un 52 % en relación con los niveles de 2005 para 2030 y alcanzar emisiones netas cero para 2050”.³⁵ Además, las directrices de la EPA recomiendan que las Áreas Metropolitanas de Seattle (MSA) tengan en cuenta los objetivos de emisiones locales existentes y consideren si los objetivos potenciales equilibran la viabilidad técnica y económica con las trayectorias de reducción basadas en la ciencia.

Basándose en esta orientación, la ciudad de Cleveland y NOACA evaluaron posibles objetivos de reducción de emisiones a corto y largo plazo que fueran al menos tan ambiciosos como la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de EE. UU. Como parte de este proceso de evaluación, la Ciudad de Cleveland y NOACA examinaron objetivos potenciales según los siguientes criterios:

- ¿Qué tan bien se alinean con los objetivos de reducción de emisiones existentes dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria?
- ¿Hasta qué punto reflejan la mejor ciencia disponible sobre el cambio climático?
- ¿En qué medida coinciden con las tendencias observadas y proyectadas en la reducción de emisiones dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria?
- ¿Cuál es la relación entre los costos de alcanzar los objetivos y los cobeneficios de las reducciones de emisiones?

Con base en estos factores, la Junta Directiva de NOACA votó por unanimidad en su reunión de diciembre de 2024 para adoptar los siguientes objetivos:

- **Objetivo de reducción de GEI a corto plazo:** Reducción del 49% para 2030 respecto de los niveles de 2018 (reducción del 56-62% respecto de los niveles estimados para 2005)
- **Objetivo de reducción de GEI a largo plazo:** Cero emisiones netas para 2050

3.1. Alineación de objetivos

Como se analiza en el Capítulo 1, existe una larga y sólida historia de planificación de acciones climáticas dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. Varias comunidades dentro del MSA han adoptado objetivos climáticos ambiciosos, y la ciudad de Cleveland y NOACA tomaron en cuenta estos compromisos locales al evaluar los posibles objetivos de reducción de GEI.

Los objetivos locales de reducción de GEI incluyen:

- Reducción del 75% para 2030 (con respecto a los niveles de 2007): Ciudad de Oberlin
- Reducción del 63,3% para 2030 (con respecto a los niveles de 2018): Ciudad de Cleveland y el condado de Cuyahoga
- Reducción del 50-52% para 2030 (con respecto a los niveles de 2005): Ciudad de Lakewood

- Reducción del 49% para 2030 (con respecto a los niveles de 2018): NOACA (Área Metropolitana de Cleveland-Elyria PCAP)
- Reducción del 30% para 2030 (con respecto a los niveles de 2010): Ciudades de Cleveland Heights, East Cleveland, Euclid, Fairview Park, Garfield Heights, Lorain, Maple Heights, Shaker Heights, Solon, South Euclid y University Heights; pueblos de Moreland Hills y Oakwood

Como muestra esta lista, existe una amplia gama de objetivos a corto plazo en todo el MSA, aunque casi todas estas comunidades se han comprometido a lograr emisiones netas cero para 2050. Los objetivos que la Junta de la NOACA adoptó para este CCAP se encuentran dentro de este rango y se alinean con los objetivos que la región identificó previamente en su PCAP.

3.2. Reflejar la ciencia del cambio climático

A medida que la ciencia se ha vuelto más clara y los posibles impactos del cambio climático se vuelven más alarmantes, la necesidad de que las comunidades adopten medidas climáticas agresivas es cada vez más evidente. La Red de Objetivos Basados en la Ciencia (SBTN) trabaja con comunidades de todo el mundo para establecer objetivos climáticos que reflejen esta evidencia. Estos objetivos basados en la ciencia (SBT, por sus siglas en inglés) son “objetivos mensurables, viables y con plazos determinados, basados en la mejor ciencia disponible, que permiten a los actores alinearse con los límites de la Tierra y los objetivos de sostenibilidad social”.³⁶ Adoptar SBT es la mejor práctica para las ciudades comprometidas con la acción climática. Si bien existen distintos enfoques para establecer los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG), todos requieren que las comunidades adopten objetivos al menos tan ambiciosos como la NDC de su país. En consecuencia, siguiendo las pautas del CPRG, el MSA de Cleveland-Elyria ha establecido SBT para la región.

3.3. Coincidir con las tendencias de reducción de emisiones

Los objetivos de 2030 que Estados Unidos adoptó se basan en una línea de base de 2005. Debido a que el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria utiliza 2018 como año de referencia para su inventario de GEI, es difícil determinar si los objetivos de emisiones a corto plazo del Área Metropolitana de Cleveland concuerdan con la NDC. Para abordar este desafío, la ciudad de Cleveland desarrolló diferentes enfoques para “pronosticar retrospectivamente” (es decir, pronosticar datos hacia atrás en el tiempo) las emisiones de GEI.³⁷ El personal basó estas estimaciones en los datos del inventario regional de GEI de 2018 y 2022 y en los datos del inventario de GEI de 1990 a 2022 para los EE. UU. y el estado de Ohio.³⁸

Cleveland utilizó dos enfoques principales. En primer lugar, el personal de MOS calculó la proporción de emisiones de GEI de Ohio correspondientes al Área Metropolitana de Ohio en 2018 y 2022 y aplicó este factor a los GEI de todo el estado en 2005. En segundo lugar, el personal calculó las emisiones de GEI per cápita para el MSA y para el estado de Ohio en 2018 y 2022. Luego, el personal cuantificó la relación entre las emisiones per cápita en el MSA y las emisiones per cápita del Estado durante 2018 y 2022 antes de aplicar estas relaciones a las emisiones per cápita del Estado en 2005.

Estos enfoques proporcionan una banda razonable de emisiones estimadas para el MSA durante 2005, que van desde un mínimo de 40,53 MMtCO₂ e hasta un máximo de 46,83 MMtCO₂ e. Con base en estas estimaciones, el Área Estadística Metropolitana de Cleveland- Elyria redujo las emisiones entre un 25,6 y un 35,6 % entre 2005 y 2022. Durante este período, las emisiones anuales de GEI cayeron un 0,9%, un 1,5% y entre un 1,5 y un 2,1% a nivel nacional, en el estado de Ohio y en el MSA, respectivamente. Esta brecha ha aumentado en los últimos años; de 2018 a 2022, las emisiones cayeron más del doble de rápido en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria (3,4 % por año) que en los EE. UU. (1,5 %) o el estado de Ohio (1,2 %) .

Por lo tanto, el objetivo a corto plazo de la MSA es más ambicioso que el objetivo nacional, ya que la región ha reducido las emisiones más rápido que el país.

3.4. Relación costo-beneficio de los objetivos

Para fundamentar mejor la decisión, la ciudad de Cleveland analizó los posibles beneficios para la salud pública de los diferentes SBT. El personal utilizó la herramienta de detección y mapeo de impactos en la salud de la Evaluación de riesgos de CO-beneficios (COBRA) de la EPA de EE.UU. para modelar la calidad del aire, la salud pública y los beneficios económicos de diferentes escenarios de reducción de emisiones.³⁹ El personal analizó cinco objetivos de reducción potenciales, delineados en la **Tabla 15**, junto con una reducción del 100% (que representa emisiones netas cero) .⁴⁰

Tabla 15: Se evalúan objetivos de reducción de emisiones a corto plazo para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

Opción	Emisiones de 2005 (MMtCO ₂ e)	Porcentaje de reducción de las emisiones de 2005	Emisiones de 2018 (MMtCO ₂ e)	Porcentaje de reducción de las emisiones de 2018	Emisiones proyectadas para 2030 (MMtCO ₂ e)	Tasa anual de reducción
Opción 1	40.53 - 46.83	43.8-51.4%	34,97	34.80%	22,78	3.40%
Opción 2		58.0-63.6%		51.30%	17,04	6.90%
Opción 3		56.0-61.9%		49.00%	17,84	6.40%
Opción 4		51.1-57.6%		43.3-44.7%	19.32-19.84	5.1-5.4%
Opción 5		68.3-72.6%		63.30%	12,84	10.10%

Si bien existe una relación casi lineal entre los beneficios totales para la salud pública y la ambición de los objetivos de GEI (es decir, los beneficios aumentan a medida que se alcanzan los objetivos), la relación entre estos cobeneficios y la tasa de reducción anual de emisiones que se requiere difiere entre los objetivos potenciales. La meta identificada en el PCAP –una reducción del 49% para 2030 respecto de los niveles de 2018– tuvo la mejor relación costo- beneficio de las metas evaluadas. Según esta evaluación, el MSA ha adoptado objetivos de reducción de GEI a corto y largo plazo que se alinean con la orientación de la EPA de EE. UU., que exige objetivos que concuerden con los objetivos y políticas locales y que equilibren la ambición con la practicidad.

Impactos del cambio climático en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria



4. Impactos del cambio climático en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

Las actividades humanas han calentado la atmósfera, los océanos y la tierra. Este calentamiento se debe en gran medida a la liberación de GEI, dominada por la quema de combustibles fósiles. La Tierra continuará calentándose a medida que los humanos sigan emitiendo GEI a la atmósfera.

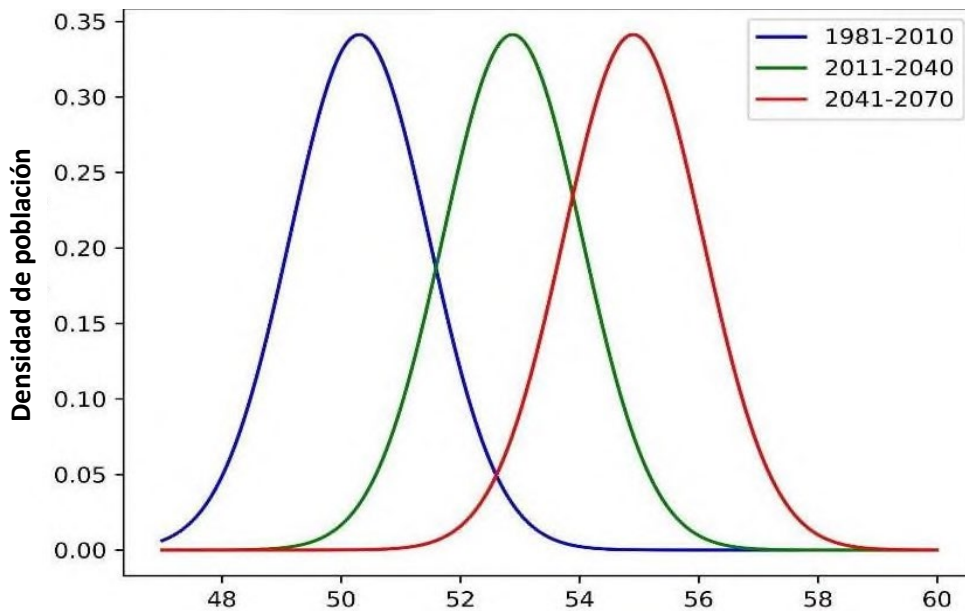
En 2015, países de todo el mundo firmaron el Acuerdo de París, en el que acordaron tomar medidas para mantener el aumento de las temperaturas medias mundiales muy por debajo de los 2 °C y perseguir el objetivo de limitar este aumento por debajo de los 1,5 °C.⁴¹ Según el IPCC, las actividades humanas “han causado inequívocamente un calentamiento global” de 1,1°C por encima de los niveles preindustriales (rango de 0,8-1,3 °C).⁴² Es probable que el calentamiento global alcance 1,5 °C entre 2030 y 2052 si continúa aumentando al ritmo actual, y que las temperaturas globales superen en 1,5 °C los niveles preindustriales por primera vez en 2024.⁴³ El calentamiento debido a las emisiones de las actividades humanas persistirá durante siglos o milenios y seguirá provocando cambios a largo plazo en el sistema climático, como el aumento del nivel del mar. La acción inmediata para reducir las emisiones de GEI es esencial para limitar los impactos del cambio climático, ya que “cada incremento del calentamiento global intensificará peligros múltiples y concurrentes”.⁴⁴ Según un estudio reciente, cada 0,1 °C de calentamiento global adicional empuja a otros 100 millones de personas a temperaturas elevadas sin precedentes y potencialmente mortales.⁴⁵

4.1. Impactos observados del cambio climático en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria

Si bien el Acuerdo de París se centra en las temperaturas superficiales promedios globales, esta cifra apenas comienza a contar la historia del impacto del cambio climático. Los datos históricos indican que el noreste de Ohio se ha calentado aproximadamente 1.9 °C (3,5 °F) durante el último siglo, casi el doble de rápido que el mundo.⁴⁶ Si esta tendencia se mantiene, indica que si la temperatura media global aumenta en 2 °C (3,6 °F), entonces la temperatura media del noreste de Ohio aumentará alrededor de 3,4 °C (6,1 °F). Además, si la temperatura media global aumenta 3,2 °C, como se espera según las políticas actuales para abordar el cambio climático, entonces el noreste de Ohio podría calentarse alrededor de 5,4 °C (9,8 °F).⁴⁷

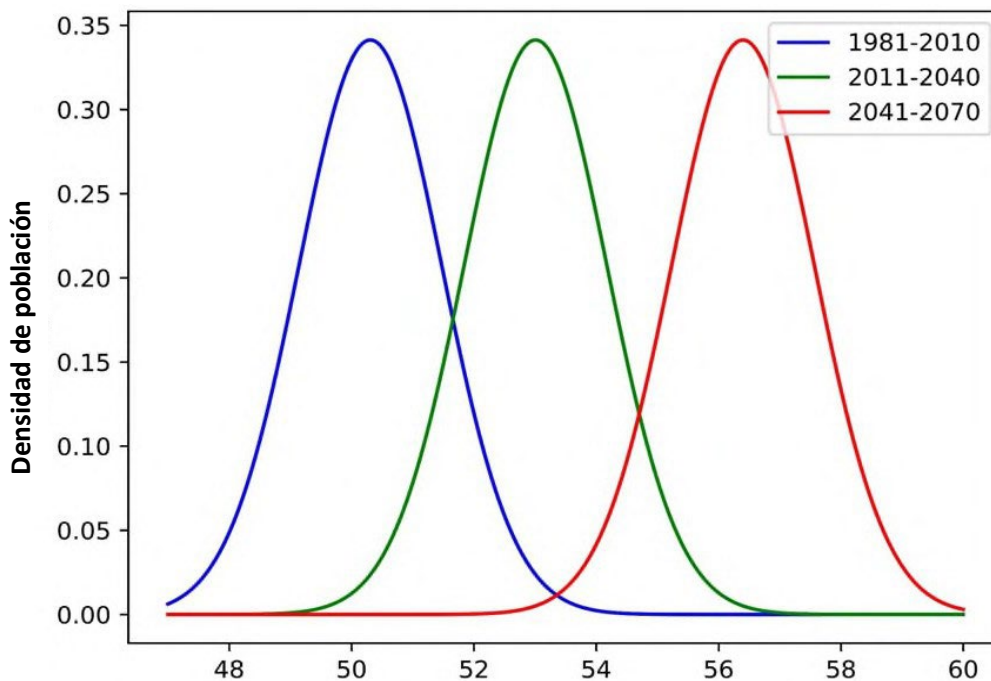
Debido a que las temperaturas promedio son precisamente eso, pueden ocultar fluctuaciones significativas y cambios en los extremos. La **figura 10**, a continuación, ilustra este efecto. La curva azul representa la distribución de probabilidad de las temperaturas medias anuales en el MSA desde 1981 hasta 2010. La mayoría de los años se agruparon alrededor del promedio general de 49,7 °F, pero algunos años fueron más fríos; 1980 solo tuvo un promedio de 48 °F, por ejemplo. A medida que la región se calienta debido a las emisiones de GEI, esta curva de temperatura se desplazará hacia la derecha, lo que provocará más años cálidos y menos años fríos. Las curvas verde y roja trazan la distribución de las temperaturas anuales promedio para el MSA para 2011-2040 y 2041-2070, respectivamente, bajo un escenario de menor calentamiento.⁴⁸

Figura 10: Distribución de las temperaturas medias anuales en un escenario de bajo



Esto demuestra el cambio fundamental que se produce en el clima de la región incluso con un calentamiento relativamente modesto. Los cambios son aún más dramáticos -y terribles- en el escenario de mayores emisiones ilustrado en la **Figura 11**.⁴⁹ En este escenario, el año promedio es más cálido incluso que los años más cálidos en la historia de la región. Las implicaciones son claras: el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria se está calentando rápidamente, lo que presenta amenazas significativas para las personas y los sistemas de la región.

Figura 11: Distribución de las temperaturas medias anuales en el escenario de alto calentamiento



Estos cambios tienen amplias implicaciones. Los efectos van desde una mayor necesidad de aire acondicionado en verano y una menor necesidad de calefacción en invierno hasta cambios en la duración de la temporada de crecimiento. A medida que la Tierra se calienta, el transporte de humedad hacia los sistemas meteorológicos también aumenta. Por cada 1°C de calentamiento, la atmósfera puede retener aproximadamente un 7% más de humedad, lo que puede dar lugar a precipitaciones más extremas. Y, como el clima es un sistema global, los impactos del calentamiento global no se limitan a una región. El cambio climático puede haber duplicado la probabilidad de condiciones climáticas extremas de incendios en el este de Canadá durante 2023, lo que provocó la peor calidad del aire en la historia registrada de la región.⁵⁰

4.2. Peligros climáticos prioritarios e impactos del proyecto en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria

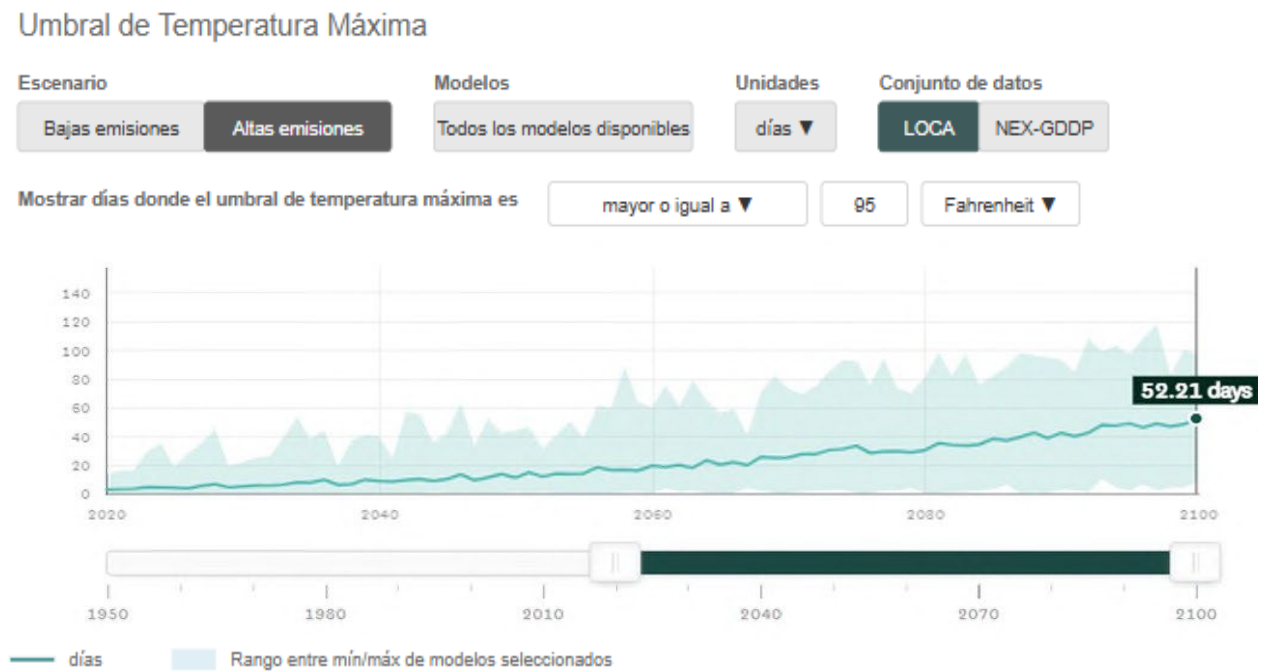
Durante 2022 y 2023, NOACA desarrolló un CRVA para el MSA. NOACA se asoció con ICLEI USA para revisar los recursos disponibles y las proyecciones climáticas localizadas para conocer qué peligros tienen más probabilidades de afectar a los cinco condados, así como para evaluar la gravedad de sus impactos. Basándose en esta literatura y en un amplio compromiso con las partes interesadas, el personal de NOACA determinó que el calor extremo, las fuertes lluvias e inundaciones y las tormentas convectivas severas eran los principales peligros en los que centrarse para evaluar la vulnerabilidad regional. Basándose en los comentarios del público durante sus esfuerzos de divulgación comunitaria de 2023, NOACA agregó los problemas de calidad del aire/contaminación a su lista de peligros prioritarios. La ciudad de Cleveland realizó su propia CRVA en 2023-2024, que complementa la evaluación de NOACA.⁵¹ Ambas revisiones incluyeron amplios procesos de participación de las partes interesadas y del público (véase el Capítulo 1) . En el **Tabla 16** se identifican los riesgos climáticos prioritarios identificados a través de estos procesos.

Tabla 16: Riesgos climáticos prioritarios para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

NOACA CRVA	Ciudad de Cleveland CRVA
Calor extremo	Mala calidad del aire
Fuertes lluvias e inundaciones	Calor extremo
Tormentas convectivas severas	Fuertes precipitaciones e inundaciones
Problemas de calidad del aire/Contaminación	Tormentas severas de verano

Calor extremo: El Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria enfrentará un calor más extremo (olas de calor y un aumento en la cantidad de días de calor extremo) combinado con un aumento de la humedad. De 1961 a 1990, la región experimentó menos de un día al año (en promedio) con temperaturas superiores a los 35 °C. Para el año 2100, las temperaturas podrían alcanzar los 35 °C en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria hasta 52 días al año.⁵² Tanto la frecuencia como la duración de las olas de calor aumentarán significativamente: para 2050, el riesgo de una ola de calor de tres días casi se duplicará hasta alcanzar el 80% anual. Las noches cálidas, cuando la temperatura mínima no baja de los 24 °C, las personas y la vida silvestre no tienen la oportunidad de refrescarse de las temperaturas diurnas. Estas situaciones son especialmente peligrosas para la salud y el bienestar: es probable que en 2100 haya 52 noches cálidas al año (**Figura 12**).⁵³

Figura 12: Proyección del número de días con temperaturas de 95 °F al año para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria



En áreas donde hay una alta concentración de viviendas antiguas (por ejemplo, los suburbios del Primer Anillo como El Este de Cleveland, donde hay una alta concentración de LIDAC), la mayoría de las viviendas no se construyeron para abordar las necesidades de calefacción y refrigeración impuestas por el clima que nuestra región enfrentará pronto. Como las poblaciones de bajos ingresos tienden a residir en viviendas más antiguas y menos eficientes energéticamente, esto exacerbará las vulnerabilidades existentes.

Fuertes precipitaciones e inundaciones: El MSA también enfrentará un aumento en las precipitaciones fuertes, tormentas severas e inundaciones. La precipitación anual ha aumentado en 10,5 pulgadas (29,6%) entre 1951 y 2023.⁵⁴ Una proporción mayor de estas precipitaciones cae también durante las tormentas más severas. Desde la década de 1950, la cantidad de precipitaciones que caen durante el 1% de eventos más intensos ha aumentado un 45%, lo que coloca una presión adicional sobre la infraestructura de aguas pluviales de la región y aumenta el riesgo de inundaciones repentinas.⁵⁵ El número promedio de días con más de una pulgada de precipitación ha aumentado en los cinco condados del MSA desde 1981. El aumento más pequeño durante ese período fue de 0,8 días por década en el condado de Lorain, mientras que el aumento más grande fue de 1,42 días por década en el condado de Cuyahoga.⁵⁶

Es complejo proyectar los cambios futuros en el riesgo de inundaciones debido a la variedad de factores que intervienen en ellas. Los cambios climáticos en las precipitaciones y el deshielo son factores clave. Sin embargo, otros factores humanos y naturales, incluida la estacionalidad, los patrones de urbanización, el cambio de uso del suelo, las represas y las prácticas de gestión de aguas pluviales y agrícolas también son muy relevantes.⁵⁷ Según Factor de Inundación, un modelo de inundación probabilístico desarrollado por la Fundación de First Street, los condados del Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria se encuentran en el rango de

riesgo de inundación menor a moderado.⁵⁸ El desglose por condado se muestra en la **Tabla 17**. El riesgo a la infraestructura crítica, una categoría que incluye instalaciones como aeropuertos, comisarías de policía, plantas de tratamiento de aguas residuales y centrales eléctricas, parece ser el principal impulsor.

Tabla 17: Clasificación de factores de inundación para los condados del Área Estadística Metropolitana

Condado	Riesgo general de inundaciones	Principales categorías y niveles de riesgo
Cuyahoga	Moderado	Infraestructura crítica (mayor)
Geauga	Menor	Instalaciones sociales (moderadas)
Lake	Moderado	Infraestructura crítica (mayor)
Lorain	Menor	Comercial (Moderado), Infraestructura Crítica (Moderado)
Medina	Menor	Comercial (Moderado), Infraestructura Crítica (Moderado)

Tormentas severas de verano: Las tormentas convectivas fuertes, incluidas las tormentas eléctricas y las tormentas de viento, producen vientos poderosos, rayos, granizos, tornados e inundaciones repentinas que pueden dañar la propiedad y afectar a las personas. Estas tormentas, también denominadas “tormentas de verano severas”, son actualmente una de las formas más dañinas de peligros climáticos en el noreste de Ohio. Entre 2014 y 2023, al menos 255 tormentas de verano provocaron daños materiales en la región. En total, estas tormentas han causado 12,9 millones de dólares en daños a la propiedad, dos muertos y seis heridos.⁵⁹ Más recientemente, un grupo de tornados tocó tierra el 6 de agosto de 2024, causando graves daños y dejando a cientos de miles de residentes sin electricidad durante días.⁶⁰

Las investigaciones sugieren que este tipo de tormentas se volverán más frecuentes e intensas debido al cambio climático.⁶¹ La cantidad de lluvia que cae durante estos eventos extremos seguirá aumentando en las próximas décadas. Esto aumentará los riesgos de inundaciones repentinas y dañinas. Además, los modelos climáticos sugieren que las velocidades promedio del viento podrían aumentar en todos los condados de la región para 2050, lo que podría conducir a un aumento en la intensidad de los vientos durante las tormentas de verano.⁶²

Mala calidad del aire: La mala calidad del aire se ha convertido en uno de los principales riesgos climáticos que preocupan al Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. La región continúa enfrentando problemas con el ozono troposférico (O₃) y las partículas finas (PM_{2.5}). Un área de siete condados, que incluye toda la Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria, es actualmente una región de grave incumplimiento del Estándar Nacional de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS) de 2015 para O₃, y el condado de Cuyahoga no cumple con el NAAQS de 2024 de la EPA de EE. UU. para PM 2.5.⁶³ Debido a que las condiciones climáticas afectan la formación y el transporte de estos contaminantes, el cambio climático amenaza con socavar o incluso revertir algunas de las mejoras en la calidad del aire de la región. La EPA de Estados Unidos proyecta que los niveles de O₃ en el Medio Oeste podrían aumentar entre 1 y 5 partes por mil millones (ppb) y hasta 10 ppb para 2050 y 2100, respectivamente.⁶⁴

El aumento de las precipitaciones puede reducir los niveles de PM 2,5 en el noreste de Ohio, ya que la EPA de EE. UU. pronostica que el PM 2,5 anual disminuirá en 1,5 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el Medio Oeste.⁶⁵ Sin embargo, esta reducción no está garantizada; en escenarios de mayor calentamiento, los niveles de PM 2.5 en realidad aumentan en el noreste de Ohio.⁶⁶ Este resultado puede ser producto de una mayor actividad de incendios forestales fuera del noreste de Ohio, como la que experimentó la región durante el verano de 2023. Debido a los persistentes incendios forestales en todo Canadá, el noreste de Ohio Soportó su nivel más alto y el segundo más alto niveles diarios de PM2.5 el 28 y 29 de junio, 2023 (ver **Figura 13**).

Figura 13: Humo de incendios forestales canadienses en el Área Estadística

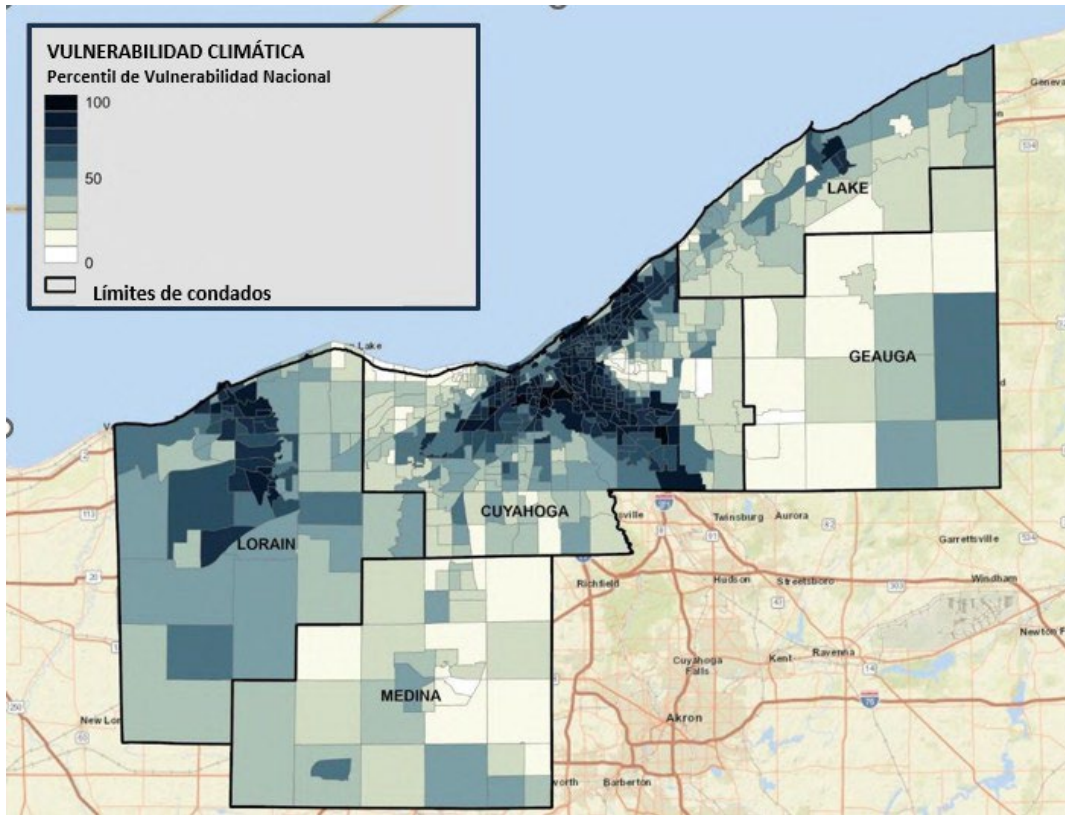


4.3. Grupos de población vulnerables

La vulnerabilidad climática se refiere a la “propensión o predisposición... de una persona a verse afectada negativamente por los peligros”.⁶⁷ La vulnerabilidad abarca la exposición, la sensibilidad, los impactos potenciales y la capacidad de adaptación. Ciertos grupos son más susceptibles a los riesgos climáticos debido a (1) su exposición a las tensiones asociadas con los cambios ambientales y sociales, y (2) su limitada capacidad para adaptarse o reducir la exposición a dichos daños.⁶⁸ Tanto los factores sociales como los relacionados con el lugar afectan esta susceptibilidad subyacente. La vulnerabilidad social abarca “aquellos factores sociales que influyen o configuran la susceptibilidad de diversos grupos al daño y que también determinan su capacidad para responder”.⁶⁹ Las desigualdades de lugar, a su vez, están vinculadas a “las características de las comunidades y el entorno construido, como el nivel de urbanización, las tasas de crecimiento y la vitalidad económica”.⁷⁰ Si bien los grupos de población vulnerables al clima están distribuidos en todo el Área Metropolitana de Cleveland, se concentran en gran medida en el condado de Cuyahoga, particularmente dentro de la ciudad de Cleveland.

La **Figura 14** muestra el rango percentil nacional para cada área censal según el Índice de Vulnerabilidad Climática (IVC).^{70b} Las zonas de mayor clasificación albergan grandes proporciones de grupos de población vulnerables, incluidos niños menores de 18 años, ancianos, hogares sin acceso a vehículos, trabajadores al aire libre, personas con discapacidades y problemas de salud, personas con menos de un diploma de escuela secundaria, minorías raciales y personas con dominio limitado del inglés.

Figura 14: Puntuaciones del índice de vulnerabilidad climática por sector censal



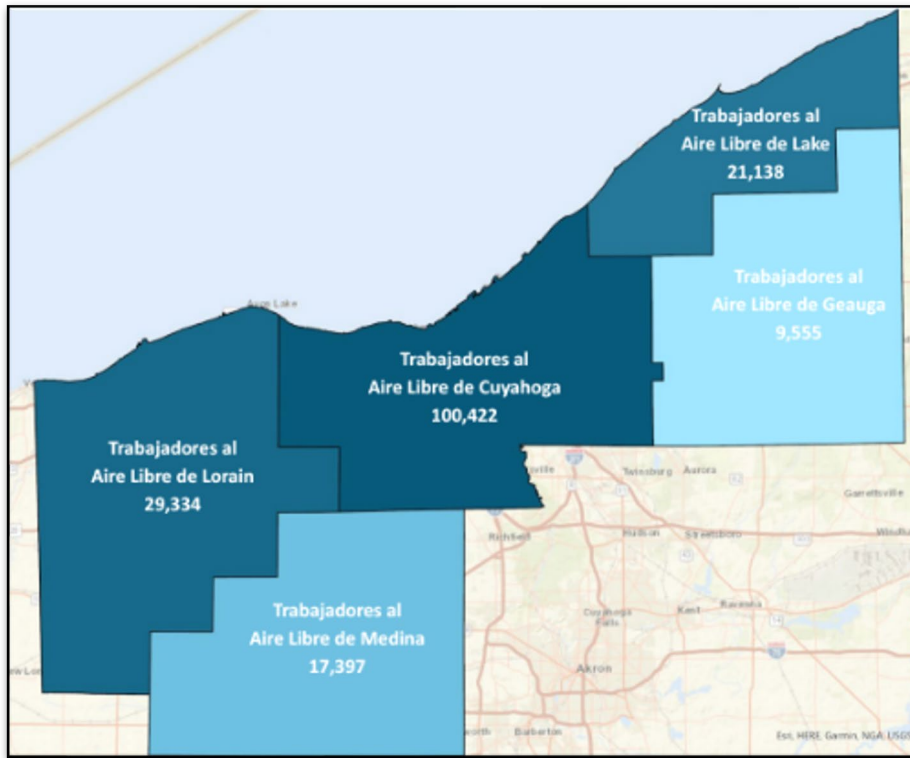
Como lo muestra el CRVA de la ciudad de Cleveland, los trabajadores al aire libre se encuentran entre los grupos más vulnerables al clima en el MSA. Dada la naturaleza de su trabajo, son particularmente vulnerables al aumento de temperaturas, lo que los expone a daños financieros y físicos. Los trabajadores al aire libre están distribuidos uniformemente, aunque hay concentraciones ligeramente más altas en los condados de Lorain y Geauga, como se muestra en la **Tabla 18**.⁷¹

Tabla 18: Proporción de trabajadores al aire libre por condado

Condado	% de la fuerza laboral empleada en ocupaciones al aire libre
Cuyahoga	17%
Geauga	20%
Lake	21%
Lorain	18%
Medina	19%

La **figura 15** muestra el número total de trabajadores al aire libre por condado. Las comunidades deben prestar especial atención a garantizar la seguridad de los trabajadores al aire libre en estas áreas mediante intervenciones como políticas obligatorias de descanso y de hidratación.

Figura 15: Número total de trabajadores al aire libre por condado



El calor extremo y la mala calidad del aire afectan de manera desproporcionada a las poblaciones vulnerables, incluidas las personas mayores, los niños pequeños y las personas con problemas de salud preexistentes, lo que exacerba las desigualdades en materia de salud en toda la región. **La Tabla 19** desglosa la distribución de los principales grupos de población vulnerable en el área metropolitana. Con la mayor intensidad de estas condiciones adversas, las comunidades vulnerables verán un aumento de condiciones adversas que conducirán a malos resultados de salud. Los esfuerzos estratégicos, incluida la modernización de viviendas antiguas, la electrificación y la reducción del consumo energético de los hogares, pueden promover la resiliencia climática y reducir las cargas sanitarias.

Tabla 19: Distribución de los grupos de población vulnerables al clima por condado ⁷²

Condado	Número de residentes sin hogar	Niños menores de 18 años (% de la población)	% de escolares matriculados en almuerzos gratuitos o de precio reducido	Personas que viven con discapacidad (% de la población)	% de adultos con asma o EPOC
Cuyahoga	1.637	250.704 (20.3%)	19.90%	234.589 (21.4%)	20%
Geauga	43	20.903 (21.9%)	19.10%	12.095 (14.3%)	19%
Lake	83	44.014 (19%)	32.30%	37.251 (17.9%)	20.40%
Lorain	178	67.547 (21.2%)	31.40%	56.981 (20.1%)	20.80%
Medina	49	38.854 (21.1%)	26.40%	32.646 (19.9%)	19.90%



Costos de la inacción climática para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

5. Costos de la inacción climática para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

Si bien la descarbonización conlleva claros costos financieros y sociales, también los tiene la inacción. La inacción frente al cambio climático plantea riesgos significativos y tangibles para la región. A través de la acción colectiva para descarbonizar la economía, los líderes del MSA pueden involucrar y educar a los residentes, empresas y organizaciones sobre la amenaza del cambio climático y las acciones necesarias para enfrentar esa crisis. Si las partes interesadas del MSA no actúan, la comunidad será vulnerable a los impactos del cambio climático, pero también perderá oportunidades económicas y de creación de empleo que acompañarán a esta transición verde. A continuación, se describen los principales riesgos y amenazas para las comunidades, empresas y residentes del MSA.

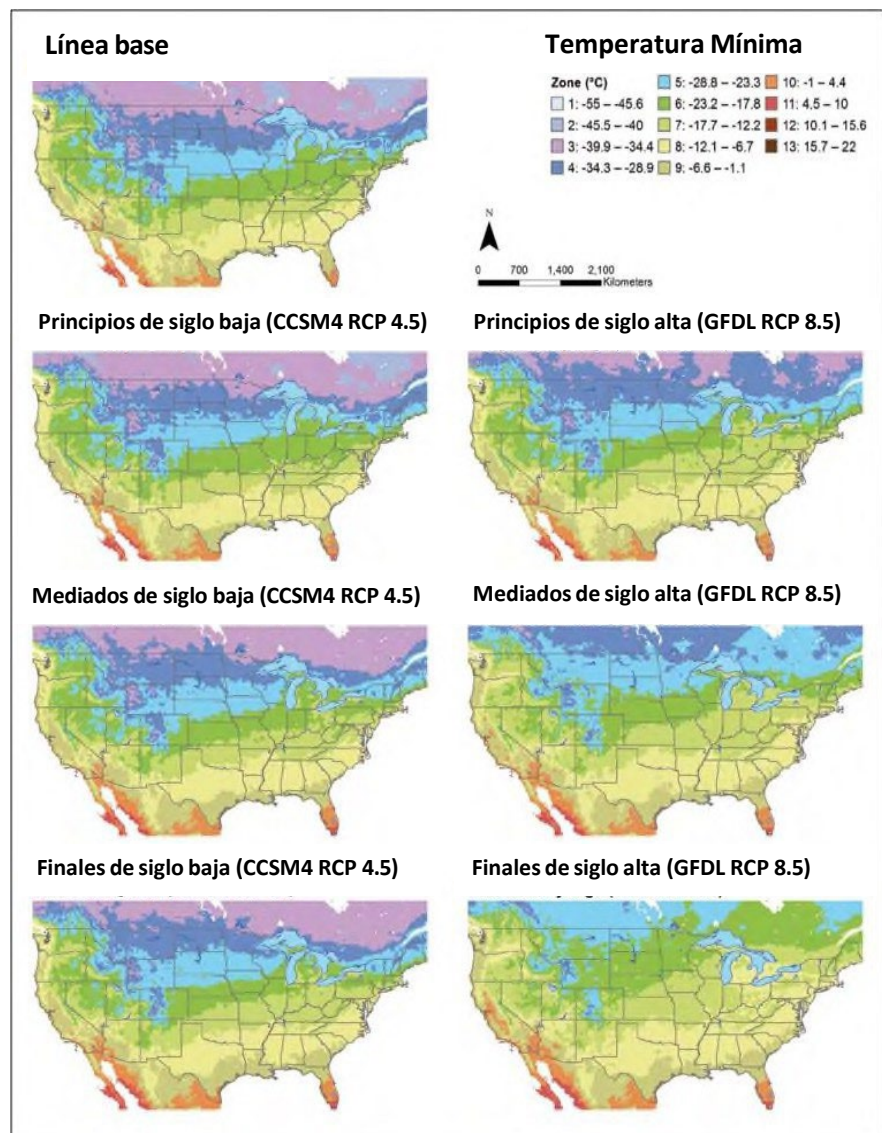
5.1 Principales riesgos y amenazas de la inacción

Cambio climático: El Área Metropolitana de Cleveland-Elyria se está calentando mucho más rápido que el promedio nacional, como se señala en la Sección 4.1. Para el año 2080, el clima que ha definido esta región durante siglos cambiará fundamentalmente. En su lugar, la región adoptará un clima más cálido y húmedo que se asemeja más al centro de Arkansas.⁷³ El aumento de la humedad alterará significativamente la primavera y el verano, afectando a la agricultura de la región. El Departamento de Agricultura de los EE. UU. (USDA) actualmente clasifica a las comunidades costeras del MSA como de nivel de resistencia de plantas 7a, y al resto del MSA como 6a o 6b (cuanto menor sea el número, más fría será la temperatura extrema esperada).⁷⁴ En un futuro sin cambios, se espera que en la década de 2040 las zonas de resistencia en todo el MSA sean 7a y 7b (ver **Figura 16** de Matthews y otros, 2018).⁷⁵ Para los productores de uva, horticultores y productores lecheros, especialmente en los condados de Lake y Geauga, esto afectará profundamente las cosechas, la producción y las operaciones.

Muertes relacionadas con el calor:

Históricamente, el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria se ha beneficiado de veranos templados debido a

Figura 16: Cambio en las zonas de rusticidad de las plantas en diferentes escenarios climáticos



su proximidad al lago Erie. El cambio climático aumentará el calor extremo en la región, lo que provocará un aumento en el número de muertes relacionadas con el calor. Según datos de la EPA de EE. UU., la tasa de mortalidad relacionada con el calor en la región podría aumentar un 675% y un 1.700% en escenarios de calentamiento bajo y alto, respectivamente. Como resultado, el MSA podría ver aproximadamente entre 60 y 140 muertes adicionales relacionadas con el calor cada año.⁷⁶

Oportunidades perdidas: Si los líderes regionales no actúan con decisión, otras regiones podrán aprovechar algunas de las oportunidades identificadas en este CCAP. En primer lugar, dada la actual demanda de energía limpia y firme (es decir, energía limpia disponible las 24 horas del día, los 7 días de la semana y los 365 días del año) para los centros de datos, los proveedores privados pueden contratar directamente con la planta de energía nuclear Perry para ampliar su capacidad de generación. Si esto ocurre, la región enfrentará un camino menos sencillo para cumplir sus objetivos de reducción de emisiones, ya que esta capacidad adicional de energía limpia ya no estaría disponible para respaldar otras prioridades de descarbonización, como la electrificación de edificios y transporte. En segundo lugar, otras ciudades de los Grandes Lagos, como Chicago y Buffalo, han evaluado invertir en energía eólica marina.⁷⁷ Si bien los desafíos técnicos han retrasado el lanzamiento de las industrias eólicas marinas en estas ciudades, el crecimiento de la tecnología eólica marina flotante puede cambiar el cálculo en estas y otras ciudades. La ciudad de los Grandes Lagos que aproveche esta oportunidad primero liderará el crecimiento del empleo, la capacitación y las oportunidades de liderazgo empresarial en este sector.

En todo el mundo, la transición hacia la energía limpia está impulsando el crecimiento económico y la creación de empleo. La Agencia Internacional de Energía (AIE) señaló que, durante 2023, el 10% del crecimiento del PIB mundial se derivó de esta transición, incluido el 6% del crecimiento del PIB en Estados Unidos.⁷⁸ Este informe demuestra la enorme necesidad de mano de obra calificada y de nuevas empresas para realizar la transición de nuestros edificios, infraestructura de transporte y electricidad en todo el MSA. Estas oportunidades no se materializarán en el MSA sin acción. A medida que otras regiones aceleren su transición, estas oportunidades y empleos gravitarán hacia esas regiones. Será más difícil para el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria atraer personas y empresas para realizar este trabajo aquí.

5.2. Cuantificación de los costos de la inacción

Una forma de estimar los costos de la inacción es a través del Costo Social del Carbono (SCC). El SCC es una herramienta para traducir los efectos del cambio climático en términos económicos para ayudar a los tomadores de decisiones a comprender mejor los impactos económicos de las decisiones que afectan la contaminación climática.⁷⁹ Para estimar el costo social de la inacción climática, la Ciudad de Cleveland y el equipo del CRDF proyectaron las emisiones acumuladas de GEI dentro del MSA desde 2023 hasta 2050 bajo el escenario Business As Usual (BAU) (ver Capítulo 6).

Según este escenario BAU, el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria generaría aproximadamente 755,3 MMTCO_{2e} hasta mediados de siglo. En su informe técnico de 2023 sobre el SCC, la EPA de EE. UU. proporcionó una metodología para traducir estas emisiones estimadas en costos estimados.⁸⁰ Con este enfoque (utilizando una tasa de descuento del 2%), no actuar sobre el cambio climático impondría costos totales de aproximadamente 170.000 millones de dólares al Área Metropolitana de Stamford hasta 2050, lo que es

casi igual al PIB de dicha área en 2023.⁸¹ Los costos anualizados suman más de 6 mil millones de dólares, con un rango de aproximadamente 4,2 a 10,1 mil millones de dólares, dependiendo de la tasa de descuento.⁸² La **Tabla 20** desglosa los costos de la inacción por condado en 2030, 2040, 2050 y a lo largo del período 2023-2050.

Tabla 20: Costos sociales de la inacción climática para el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria

Condado	Costo anual estimado para 2030 (\$ mil millones)	Costo anual estimado para 2040 (\$ mil millones)	Costo anual estimado para 2050 (\$ mil millones)	Costos acumulados estimados 2023-2050 (\$ mil millones)
Cuyahoga	\$4.1	3.7\$	3.3\$	108.1\$
Geauga	0.3\$	0.3\$	0.2\$	7.5\$
Lake	0.7\$	0.7\$	0.6\$	19.1\$
Lorain	0.8\$	0.7\$	0.6\$	20.9\$
Medina	0.5\$	0.5\$	0.4\$	14.4\$
Total MSA	6.5\$	5.9\$	5.3\$	170\$

Como demuestran estas cifras, la justificación económica para la acción climática se vuelve aún más clara cuando se consideran los costos para la región de los impactos de un clima cambiante, como fenómenos meteorológicos más extremos, menor productividad laboral e impactos en la infraestructura.

Proyecciones de negocios habituales (BAU)



6. Proyecciones de negocios habituales (BAU)

6.1. Metodologías de proyecciones BAU

Las proyecciones BAU para el CCAP se basan en la metodología utilizada para el PCAP por NOACA e ICLEI USA. Esta sección proporciona un análisis actualizado con el inventario de GEI de 2022 como base. Los siguientes supuestos del escenario BAU del PCAP aún se aplican:

- **Crecimiento poblacional proyectado:** a diferencia de la mayoría de las regiones de los Estados Unidos, el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria no ha experimentado un crecimiento poblacional en las últimas décadas. Se espera que la población regional se mantenga constante hasta el año 2050.
- **Crecimiento proyectado de VMT:** este análisis supone que VMT crecerá un 0,33 % por año, según datos de NOACA (en consonancia con el PCAP).
- **Proyecciones de intensidad de emisiones de electricidad del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL):** este escenario BAU pronostica la intensidad de las emisiones de electricidad con el modelo Cambium del NREL.⁸³ El modelo intermedio proyecta que la intensidad de la electricidad disminuirá un 0,3% anual hasta 2030. Aunque es probable que la electricidad siga siendo más limpia entre 2030 y 2050, las proyecciones son menos certeras. Por lo tanto, el escenario no supone ningún cambio adicional en la intensidad eléctrica entre 2030 y 2050.
- **Normas de eficiencia de combustible para el transporte por carretera⁸⁴ (cambios en automóviles de pasajeros, camionetas ligeras, medianas y pesadas)⁸⁵ Se esperan ahorros de combustible debido a los estándares de Economía de Combustible Promedio Corporativo (CAFE)** - Los estándares de eficiencia de combustible ayudan a proyectar la reducción de la intensidad de las emisiones por cada milla recorrida por vehículos de gasolina en carretera. Los estándares de eficiencia de combustible reducen las emisiones debido a las mejoras exigidas a nivel federal en el ahorro de combustible de los vehículos. El CCAP utiliza las mismas proyecciones CAFE del PCAP, que provienen del Centro de Soluciones Climáticas y Energéticas (C2ES).⁸⁶ Estas proyecciones suponen una mejora anual del 1,8% en el ahorro de combustible hasta 2050.
- **Refrigerantes:** Las regulaciones federales exigen una reducción del 85% en el consumo y la producción de HFC para 2036. Para 2030, las emisiones BAU continuarán debido a las fugas de los equipos existentes.⁸⁷ En consonancia con el PCAP, este análisis supone que la regulación tendrá un impacto mínimo en las emisiones de 2030. Para el año 2050 todos estos equipos habrán sido reemplazados por equipos que utilizan refrigerantes alternativos. Por lo tanto, este escenario BAU modela una reducción del 85% en las emisiones de refrigerante BAU entre 2030 y 2050.

6.2. Resultados de las proyecciones de BAU

Los resultados de este análisis BAU aparecen en la **Figura 17** y la **Tabla 21**. Si el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria no toma medidas adicionales, los GEI netos alcanzarán 27,9 y 25,2 MMTCO₂e en 2030 y 2050, respectivamente. Estos valores representan reducciones del 17,4% (2030) y del 25,6% (2050) respecto a los niveles de 2018. Si bien las emisiones disminuyeron en este escenario, el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria queda muy lejos de sus objetivos de reducción de emisiones.

Figura 17: Emisiones de GEI del escenario BAU para el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria, 2018-2050

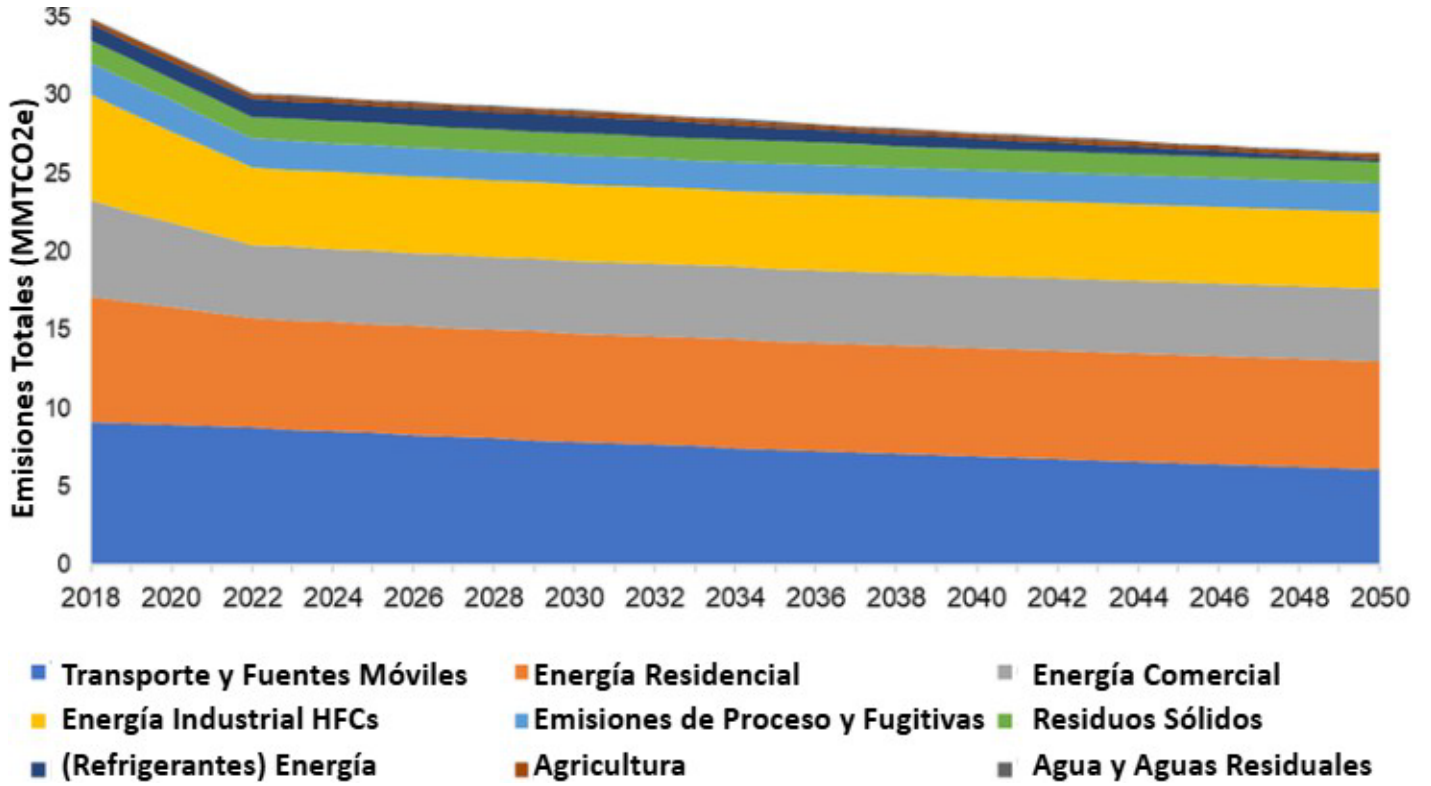


Tabla 21: Emisiones de GEI del escenario BAU para el Área Metropolitana de Cleveland- Elyria, 2030-2050

Sector	Línea base de 2018 (MMTCO ₂ e)	2030 BAU (MMTCO ₂ e)	2050 BAU (MMTCO ₂ e)
Energía residencial	7,95	6,93	6,93
Energía Comercial	6,16	4,64	4,64
Energía Industrial	6,79	4,88	4,88
Transporte y fuentes móviles	9,14	7,87	6,08
Proceso y fugitivo	2,06	1,85	1,85
Residuos sólidos	1,44	1,40	1,40
HFC (refrigerantes)	0,12	1,14	0,17
Agricultura	1,01	0,25	0,25
Agua y aguas residuales	0,30	0,11	0,11
Emisiones totales producidas	34,97	29,08	26,31
Emisiones eliminadas	-1,17	-1,17	-1,17
Emisiones netas	33,80	27,91	25,15

Medidas de reducción de emisiones de GEI

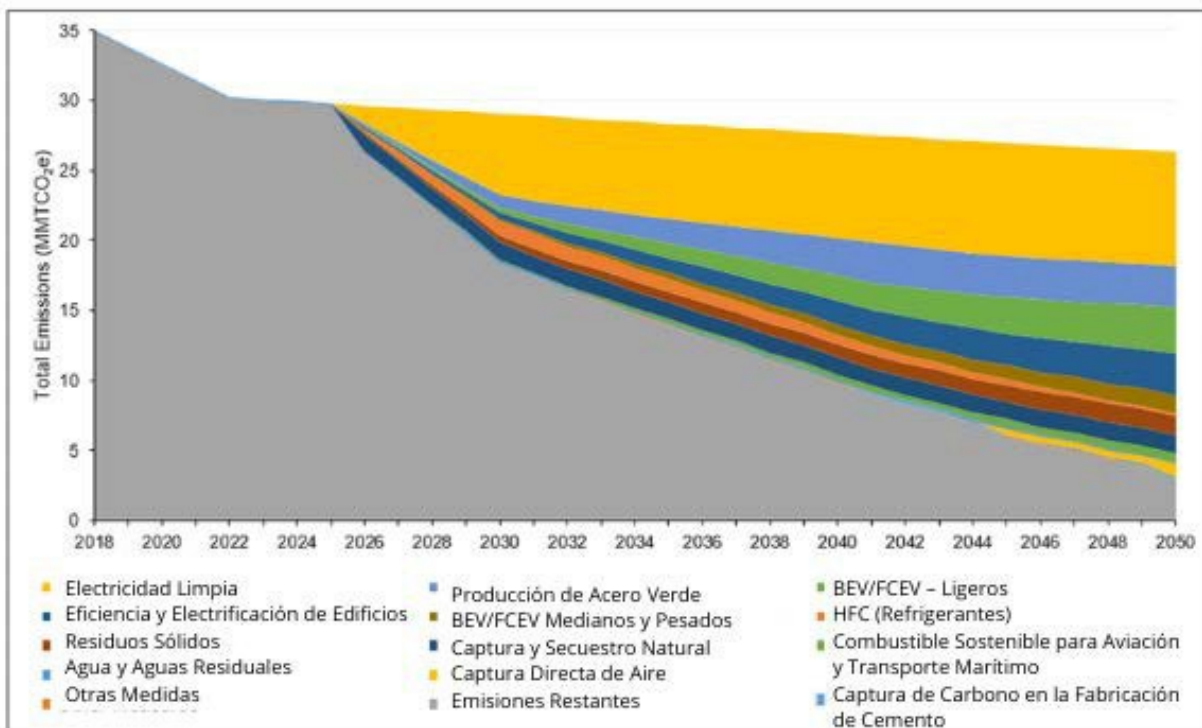


7. Medidas de reducción de emisiones de GEI

7.1. Resumen de las medidas de reducción de emisiones

Como ilustra la **Figura 18**, las medidas de reducción de emisiones descritas en este plan proporcionan una vía clara y viable para que la región se acerque a las emisiones netas cero para 2050. Al integrar una amplia gama de estrategias de mitigación en todos los principales sectores de emisiones, y delineadas en el análisis de cuña, este CCAP garantiza que el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria pueda abordar sistemáticamente todas las fuentes de emisiones, como lo exige la guía de la EPA de EE. UU.⁸⁸ Hasta 2030, las emisiones de GEI en el MSA disminuirán en un 45,7%, mientras que las emisiones caerán en un total de 91,5% para 2050. Estos totales dejan a la región algo por debajo de los objetivos delineados en el Capítulo 3. Bajo este escenario de implementación, el Área Estadística Metropolitana de Cleveland- Elyria alcanzará su objetivo de 2030 en 2031 y su objetivo de 2050 en 2053. La MSA necesitará asegurar apoyo externo adicional para acelerar la implementación de estas medidas para alcanzar su objetivo.

Figura 18: Reducciones proyectadas de GEI a partir de medidas por sector, 2025-2050



La **Tabla 22** desglosa las reducciones de emisiones de GEI asociadas a cada medida. También relaciona cada medida prioritaria del PCAP con cada medida del CCAP. El equipo del CRDF utilizó las medidas prioritarias del PCAP como base para desarrollar esta lista de medidas del CCAP; sin embargo, el CCAP incluye una colección de medidas más amplia y detallada, que refleja la orientación de la EPA de EE. UU. Esta lista actualizada de medidas tiene en cuenta las condiciones actualizadas, incluidos los datos del inventario de GEI de 2022 y la creciente demanda de electricidad; las medidas del CCAP también profundizan más para reflejar las circunstancias

específicas del MSA y brindar detalles concretos que los actores pueden usar para implementar medidas. En todas las medidas, los mayores ahorros provienen de la electricidad limpia, que representa el 54,4% de las reducciones totales de emisiones de GEI en 2030 y el 34,7% en 2050.

Tabla 22: Medidas de reducción de emisiones con reducciones de GEI, 2030 y 2050

Medida PCAP	Medida CCAP	GEI reducidos para 2030 (MMTCO ₂ e)	GEI reducidos para 2050 (MMTCO ₂ e)
Electricidad limpia;	Electricidad limpia;	5,84	8,13
Electrificación de vehículos ligeros	BEV / FCEV - Vehículos de servicio ligero	0,33	3,32
Eficiencia edilicia y electrificación	Eficiencia edilicia y electrificación	0,51	2,97
Producción de acero verde	Producción de acero verde	0,88	2,94
Desvío de residuos sólidos	Residuos sólidos	0,51	1,40
Electrificación de vehículos pesados	BEV/FCEV - Vehículos de servicio mediano y pesado	0,14	1,28
Soluciones basadas en la naturaleza	Captura y secuestro natural	1,20	1,26
N/A	Captura directa de Aire	0	1,00
Electrificación de vehículos pesados	Combustible sostenible para la aviación y el transporte marítimo	0,13	0,63
Producción de acero verde	Captura de carbono en la fabricación de cemento	0	0,18
Captura de refrigerantes	HFC	1,03	0,17
Desvío de residuos sólidos	Agua y aguas residuales	0,10	0,10
Reducción de VMT, captura de refrigerantes	Otras medidas	0,08	0,05
Reducción total de emisiones		10,74 (-45.7%)	23,44 (-91.5%)

La **Tabla 23**, a continuación, desglosa las reducciones de emisiones por sector. La mayor parte de las emisiones residuales para el año 2050 proviene de la energía residencial (2,57 MMTCO₂), las emisiones de procesos y fugitivas (1 MMTCO₂) y el transporte y las fuentes móviles (0,8 MMTCO₂). La energía residencial representa la mitad de las emisiones residuales, lo que demuestra la magnitud del desafío de descarbonizar por completo el parque de viviendas de la región.

Tabla 23: Reducciones de GEI desde la línea base de 2018 por sector de emisiones

Sector de emisiones	Emisiones de 2018 (MMtCO ₂ e)	Emisiones de 2030 (MMtCO ₂ e)	Emisiones de 2050 (MMtCO ₂ e)
Energía residencial	7,95	3,87	2,57
Energía Comercial	6,16	3,72	0,50
Energía Industrial	6,79	1,80	0,00
Transporte y fuentes móviles	9,14	7,24	0,80
Proceso y fugitivo	2,06	1,64	1,00
Residuos sólidos	1,44	0,90	0,00
Agua y aguas residuales	0,12	0,01	0,01
Refrigerantes (HFC)	1,01	0,11	0,00
Agricultura	0,30	0,25	0,25
Emisiones totales producidas	34,97	19,55	5,13
Reducciones y secuestros	-1,17	-1,20	-2,26
Emisiones netas	33,80	18,35	2,87
Porcentaje de reducción de emisiones		45.7%	91.5%

En la **tabla 24** se ofrece una descripción más completa de las medidas del CCAP, incluidos los tipos de comunidades para las que son más aplicables, los costos de implementación, los plazos de implementación, si las acciones tienen poco o ningún arrepentimiento, si las comunidades tienen la autoridad para implementar las medidas y si las entidades dentro del MSA han obtenido financiamiento. Las estrategias sin arrepentimiento tienen beneficios inmediatos más allá de su potencial de descarbonización, costos bajos en comparación con otras soluciones y es poco probable que queden obsoletas con los avances tecnológicos o sean vulnerables a condiciones climáticas extremas. Las estrategias de bajo arrepentimiento tienen beneficios inmediatos, pueden implementarse en el corto plazo y representan las mejores soluciones por el momento.

Tabla 24: Panorama general de las medidas de reducción de emisiones

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
Adopción de vehículos eléctricos de pasajeros ligeros por parte de los hogares	BEV / FCEV - Vehículos de servicio ligero	Todo	\$\$	Mediano a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Adopción de BEV/FCEV en flotas gubernamentales		Todo	\$\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	No
Ampliar la infraestructura de carga de vehículos eléctricos (BEV)		Todo	\$\$	Corto plazo a mediano plazo		Sí	Sí
Ampliar la infraestructura de abastecimiento de FCEV		Todo	\$\$\$	Mediano a largo plazo		Sí	No
Reducción del costo del combustible Acceso a la infraestructura para vehículos eléctricos		Todo	\$\$	Corto plazo		Sí	Sí
Adopción de vehículos BEV/FCEV en flotas de vehículos medianos y pesados	BEV/FCEV - Vehículos de servicio mediano y pesado	Todo	\$\$	Corto plazo a mediano plazo		Sí	No
Sistemas de construcción automatizados y dispositivos inteligentes	Eficiencia edilicia y electrificación	Todo	\$	Mediano a largo plazo	Sin arrepentimiento	Sí, para los servicios públicos municipales.	Sí

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
Electrificación del sistema de edificación (rehabilitación profunda)		Ciudad Legado, Ciudad y Pueblo Establecido, Suburbio del Primer Anillo, Suburbio del Segundo Anillo	\$\$\$	Mediano a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Implementación de los últimos códigos y normas de construcción adoptados por el estado		Todo	\$\$	De corto a largo plazo	Sin arrepentimiento	Sí	Sí
Programas de incentivos		Ciudad legado, Ciudad y Pueblo Establecido, Suburbio del Primer Anillo, Suburbio del Segundo Anillo	\$\$	De corto a largo plazo		Sí, para los servicios públicos municipales.	Sí
Aumento de la eficiencia de la envolvente de modernización (modernización profunda)	Eficiencia edificial y electrificación	Ciudad legado, Ciudad y Pueblo Establecido, Suburbio del Primer Anillo, Suburbio del Segundo Anillo	\$\$\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
Sustitución de materiales		Todo	\$\$\$\$	De corto a largo plazo		Sí	Sí
Construcción modular y prefabricada		Todo	\$\$\$\$	Mediano a largo plazo		Sí	Sí
Captura de carbono posterior a la combustión (fabricación de cemento)	Captura de carbono en la fabricación de cemento	Ciudad Legado, Ciudad y Pueblo Establecidos	\$\$\$	Corto plazo		No actualmente - requeriría aprobación legislativa/regulatoria	No
Ajuste de energía activa para el apoyo a la red (respuesta a la demanda)	Electricidad limpia	Todo	\$\$\$	Mediano a largo plazo		Sí, para los servicios públicos municipales.	Sí
De terrenos abandonados a terrenos brillantes		Ciudad Legado, Ciudad y Pueblo Establecidos, Comunidad Rural	\$\$	Corto plazo, Mediano plazo		Sí	Sí
Sistema solar a escala comercial para azoteas y estacionamientos		Todo	\$\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Inscripción comunitaria en la agregación de energías renovables		Todo	\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	N/A
Sistemas de microrredes y		Todo	\$\$	Corto plazo,		Sí	Sí

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
Minirredes al servicio de la comunidad.				Mediano plazo			
Convertir la iluminación a LED		Todo	\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Almacenamiento en baterías a escala de distrito o de servicios públicos: larga duración (>10 horas)	Electricidad limpia	Ciudad Legado	\$\$	A largo plazo		Sí	Sí
Almacenamiento en baterías a escala de distrito o de servicios públicos: corta duración (<4 horas)		Ciudad Legado, Ciudad y Pueblo Establecido, Suburbio del Primer Anillo, Suburbio del Segundo Anillo	\$\$	De corto a largo plazo		Sí	No
Sistemas de energía térmica distrital		Todo	\$\$\$	De corto a largo plazo		Sí	No
Electrificación del calor de procesos industriales		Todo	\$\$\$	Mediano a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	No
Electrificar las máquinas en sinergia con la descarbonización de la red		Todo	\$\$\$	Mediano a largo plazo		Sí	No
Auditorías energéticas		Todo	\$	Corto plazo	Sin arrepentimiento	Sí, para propietarios de inmuebles y servicios públicos municipales	No

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
Equipos de eficiencia energética		Todo	\$\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	No
Generación de electricidad geotérmica		Ciudad Legado, Comunidad Rural	\$\$\$	A largo plazo		Sí	No
Modernización de los sistemas eléctricos a escala de red		Todo	\$\$\$	De corto a largo plazo		Sí	No
El hidrógeno como portador de energía		Ciudad Legado, Ciudad y Pueblo Establecido, Suburbio del Primer Anillo	\$\$\$	Mediano a largo plazo		Sí, pero actualmente no existe capacidad en MSA	Sí
Sistemas de gestión de redes inteligentes		Todo	\$\$	De corto a largo plazo		Sí	No
Sistemas de Monitoreo		Todo	\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	No
Nueva central nuclear en Perry		Suburbio del anillo exterior	\$\$\$\$	A largo plazo		No actualmente	No
Energía eólica marina		Ciudad Legado	\$\$\$	A largo plazo		Poco claro: proyecto aprobado, pero en el limbo	No
Programa de precios públicos de suscripción voluntaria para clients mercantiles del	Electricidad limpia	Todo	\$	Corto plazo, Mediano plazo	Poco arrepentimiento	Sí	N/A

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
sector público							
Acuerdos de compra de energía física (PPA)		Todo	\$	Corto plazo, Mediano plazo		Sí	N/A
Energía solar en azoteas residenciales		Todo	\$\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Sistemas de gestión inteligente de la energía (edificios comerciales)		Todo	\$\$\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Energía solar a escala de servicios públicos		Todo	\$\$	De corto a largo plazo		Sí	Sí
Sistemas de recuperación y utilización de calor residual		Todo	\$\$\$	Corto plazo a mediano plazo		Sí	No
Invertir en una instalación regional de captura directa de aire para sectores difíciles de reducir	Captura directa de Aire	Todo	\$\$\$\$	A largo plazo		No actualmente - requeriría aprobación legislativa/regulatoria	No
Captura de carbono en Cleveland Works	Producción de acero verde	Ciudad Legado, Suburbio del Primer Anillo, Suburbio del Anillo Exterior	\$\$\$\$	Mediano plazo		No actualmente - requeriría aprobación legislativa/regulatoria	No
Acero verde en Cleveland Works		Ciudad Legado	\$\$\$\$	Mediano plazo		Sí, pero la tecnología aún se está desarrollando.	No

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
Cambiar los procesos industriales al hidrógeno (acero, cemento, fabricación de productos químicos)		Ciudad Legado, Ciudad y Pueblo Establecidos	\$\$\$\$	De corto a largo plazo		Sí, pero sujeto a la disponibilidad de H2	Sí
Instalaciones de fin de vida útil de equipos, programas de entrega y recogida de refrigerantes	HFCs:	Todo	\$\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Utilice r efrigerantes respetuosos con el clima		Todo	\$\$	Mediano plazo	Poco arrepentimiento	Sí	No
Gemelo digital para rastrear la cubierta arbórea	Captura y secuestro natural	Ciudad Legado	\$\$	De corto a largo plazo		Sí	No
Ampliar las prácticas agrícolas para restaurar la salud del suelo y aumentar el secuestro de carbono		Comunidad rural	\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	No
Ampliar los programas de restauración de humedales		Comunidad rural	\$\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Reservas de tierras para el almacenamiento de carbono		Ciudad Legado, Comunidad Rural	\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	No

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
Ordenanza modelo de protección de árboles maduros ⁸⁹		Todo	\$	De corto a largo plazo	Sin arrepentimiento	Sí	Sí
Reforestar tierras agrícolas en desuso, aumentando la cubierta arbórea regional		Comunidad rural	\$	De corto a largo plazo		Sí	No
Apoyar programas de espacios verdes comunitarios para jardines urbanos nativos comunitarios de pequeña escala, espacios verdes y plantación de árboles.		Todo	\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Apoyar la restauración y conservación del hábitat		Suburbio del anillo exterior, comunidad rural	\$	Mediano plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Captura de carbono de los árboles		Ciudad y pueblo consolidados, suburbio del primer anillo	\$\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Automatización (no eléctrica)		Otras medidas	Todo	\$	Corto plazo		Sí
Instalar equipo de detección de fugas	Todo		\$	Corto plazo	Sin arrepentimiento	Sí	No

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
Reducir los residuos industriales		Todo	\$\$\$	De corto a largo plazo	Sin arrepentimiento	Sí	No
Utilice gases con menor PCA para anestésicos		Todo	\$	Corto plazo		Sí	No
Ampliar las redes de carriles bici protegidos, senderos fuera de la calle y conversiones de carriles	Otras medidas (reducción de VMT)	Todo	\$	Corto plazo	Sin arrepentimiento	Sí	Sí
Aumentar la densidad y la mezcla de usos alrededor de las estaciones de tránsito		Ciudad Legado, Suburbio del Primer Anillo, Ciudad y Pueblo Establecido	\$\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Instalar sistemas de captura de gas metano de vertederos		Todo	\$\$	Corto plazo	Sin arrepentimiento	Sí	No
Ferrocarril interurbano de pasajeros y planificación coordinada del transporte		Todo	\$\$\$\$	Mediano plazo		No actualmente: requeriría la aprobación del estado de Ohio	Sí
Agregue contenedores de compost a instalaciones públicas, parques y estadios deportivos para	Residuos sólidos	Todo	\$\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/ Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
desviar los desechos orgánicos de los vertederos.							
Programa de reducción y compostaje de residuos alimentarios en restaurantes y supermercados		Todo	\$\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Apoyar el compostaje y la reducción del desperdicio de alimentos con la desviación de residuos orgánicos de los vertederos.		Todo	\$\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Promover el uso de combustible de aviación sostenible en los aeropuertos regionales	Combustible sostenible para la aviación y el transporte marítimo	Ciudad Legado, Suburbio del Primer Anillo, Ciudad y Pueblo Establecido	\$\$\$\$	De corto a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí, pero las aerolíneas deben aceptar comprar SAF	No
Promover el uso de combustibles líquidos y gaseosos sostenibles en los puertos marítimos regionales		Ciudad Legado, Ciudad y Pueblo Establecidos	\$\$\$\$	Mediano a largo plazo	Poco arrepentimiento	Sí	Sí
Invierta en equipos de alta tecnología para	Agua y aguas residuales	Todo	\$	Corto plazo a	Poco arrepentimiento	Sí	No

Nombre de la medida del CCAP	Categoría de medida	Tipo de comunidad	Costo	Periodo de tiempo	Sin arrepentimiento/Poco arrepentimiento	Autoridad para implementar	Financiación asegurada
ayudar a detectar fugas de agua en la infraestructura hídrica municipal, ahorrando agua y energía una vez reparadas				mediano plazo			
Depuradores post incineración instalados en plantas de tratamiento de aguas residuales con incineradores de lecho fluidizado		Todo	\$\$\$	Corto plazo	Poco arrepentimiento	Sí	No

La piedra angular de este CCAP es la electrificación, que es la palanca más importante para la descarbonización. La electrificación no sólo es crucial para descarbonizar sectores tradicionalmente de altas emisiones, como la energía residencial e industrial, sino que también es fundamental para la transición de la energía basada en combustibles fósiles a opciones más limpias. El despliegue acelerado de tecnologías de energía limpia, como infraestructura de red avanzada, energía geotérmica, eólica y nuclear, facilitará el reemplazo de combustibles fósiles, lo que permitirá al sector eléctrico alcanzar el cero neto antes del objetivo de 2050. En particular, se espera que las reducciones logradas mediante la electrificación y la integración de energías limpias superen los objetivos específicos del sector, proporcionando un colchón esencial contra las incertidumbres y ayudando a acomodar el aumento previsto en la demanda de energía.

La integración acelerada de fuentes de energía limpia constituye otro pilar de esta estrategia de descarbonización. Los aumentos proyectados en la demanda de energía, debidos en gran medida a la electrificación del transporte, los edificios y la industria, requerirán una expansión sustancial y confiable de la generación de energía limpia. La implementación de nuevas formas de generación de energía limpia es esencial para facilitar la descarbonización de casi todas las fuentes de emisiones. Por sí sola, la electrificación debería ayudar a reducir las emisiones, ya que la electricidad es mucho más eficiente que la quema de combustibles, pero garantizar que la electricidad provenga de fuentes sin emisiones de carbono es el único camino realista hacia el cero neto.

A pesar de la profundidad y amplitud de esta estrategia de descarbonización, ciertos sectores siguen siendo difíciles de descarbonizar por completo para 2050. Cabe destacar que quedan 2,87 MMTCO₂e en emisiones residuales en 2050. Estos provienen de múltiples sectores, incluido el uso de energía residencial y comercial no eléctrica, el transporte y las emisiones de procesos y fugitivas. Estas fuentes perdurables reflejan una convergencia de limitaciones tecnológicas, una infraestructura heredada arraigada y la complejidad inherente de procesos para los cuales aún no se encuentran disponibles comercialmente alternativas rentables de cero emisiones.

Una medida de CCAP (Captura Directa de Aire) no tiene un equivalente PCAP directo. La adición de la medida del DAC refleja el hecho de que ciertos sectores difíciles de reducir (por ejemplo, la producción de acero y cemento y los camiones pesados) podrían no lograr una descarbonización completa para 2050. El MSA necesitará invertir en esfuerzos adicionales de eliminación de carbono para compensar estas emisiones restantes, pero las soluciones basadas en la naturaleza (por ejemplo, la plantación de árboles) no son suficientes por sí solas. Para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas será necesario eliminar las emisiones tecnológicas, incluida la DAC y el secuestro geológico de CO₂. Las eliminaciones de emisiones, tanto naturales como tecnológicas, representan 2,26 MMTCO₂e (9,7%) de las reducciones totales para 2050, casi lo mismo que la producción de acero verde (2,94 MMTCO₂e) o la eficiencia y electrificación de los edificios (2,97 MMTCO₂e).

Otros avances tecnológicos o la comercialización avanzada de tecnologías existentes también reducirían estas emisiones restantes y ayudarían al MSA a alcanzar sus objetivos para 2050.

7.2. Sector Eléctrico

Ningún otro sector posee tantas posibilidades de tener un impacto significativo en la descarbonización en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. En principio, una electrificación significativa de las aplicaciones de gas natural y de la calefacción de procesos, acompañada de una reducción de las emisiones de la red a medida que la región avanza hacia la electricidad neta cero, eliminará la contaminación climática en este sector. De hecho, este es el trabajo que tienen por delante las comunidades del MSA: mejorar la eficiencia energética de los edificios y las operaciones, reducir los residuos, electrificar y descarbonizar el sistema eléctrico.

Sin embargo, ningún otro sector enfrenta tanta incertidumbre y resistencia como el sector eléctrico. Se estima que la demanda de electricidad crecerá a un ritmo del 2% cada año durante los próximos 25 años.⁹⁰ La combinación de la electrificación generalizada, la demanda de hidrógeno verde y potencialmente otros combustibles y productos químicos, y los cambiantes requisitos de calefacción y refrigeración, hacen que los objetivos del MSA para la generación de energía renovable o neta cero sean altamente inciertos.

7.2.1. Contexto de MSA

A pesar de esta incertidumbre, es posible estimar la magnitud de este cambio. Al electrificar el transporte y abandonar los combustibles fósiles en entornos residenciales, comerciales e industriales, el MSA consumirá aproximadamente 63 teravatios hora (TWh) de electricidad al año para 2050, aunque ese número puede aumentar aún más en un escenario de alto calentamiento. Esta cifra triplica la cantidad de electricidad que utilizó el MSA en 2022 (21,31 TWh). Si dos tercios de esta demanda de electricidad provinieran de fuera de la región, el MSA necesitaría agregar más de 2.500 megavatios (MW) de capacidad de generación de cero emisiones cada año durante los próximos 25 años. Suponiendo costos de capital de 2 millones de dólares por MW, la región debe invertir más de 200 millones de dólares anualmente.⁹¹ El inmenso crecimiento de la electricidad necesaria pone de relieve la importancia de adoptar medidas de eficiencia energética en toda la economía y de modernizar la red para reducir y gestionar dicho crecimiento.

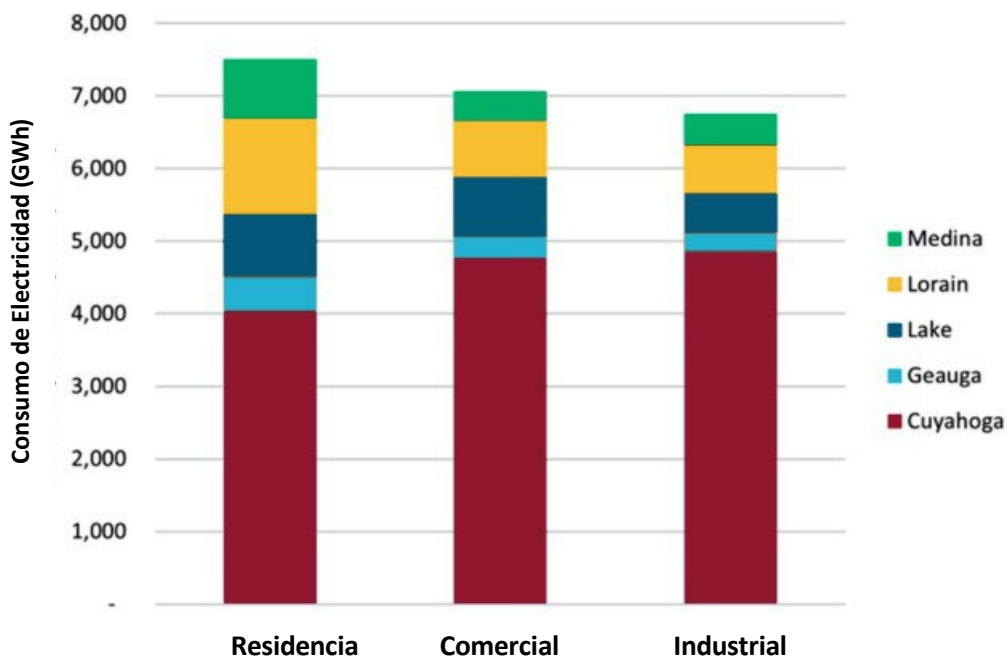
Sin embargo, las comunidades de todo el MSA ya implementan soluciones de energía limpia. Los agregadores de energía que prestan servicios a la región, el Consejo de Energía Pública Sostenible de Ohio (SOPEC) y el Consejo de Energía Pública del Noreste de Ohio (NOPEC), ya brindan a docenas de comunidades energía 100 % renovable para residentes y pequeñas empresas a través de la agregación gubernamental, también conocida como agregación de elección comunitaria (CCA). Los programas de cooperativas solares, como Switch Together, respaldados por Solar United Neighbors (SUN), permiten a los residentes y pequeñas empresas de todo el MSA incorporar energía solar a sus techos a través de descuentos en compras grupales.⁹² Se están implementando proyectos solares a gran escala en toda la región, incluido el parque solar de 4 MW del vertedero de Brooklyn. En diciembre de 2024, Oberlin College comenzó a operar un sistema geotérmico de distrito, reemplazando el antiguo sistema de energía de distrito de combustibles fósiles que abastecía al campus. Estos proyectos demuestran que las partes interesadas de MSA ya están dispuestas y son capaces de implementar tecnologías de energía limpia.

Se vislumbran en el horizonte tecnologías nuevas o mejoradas con un potencial significativo para cambiar los planes para este sector más allá de 2035. La nueva generación de electricidad nuclear, la generación mejorada de electricidad mediante energía geotérmica y los avances en la tecnología eólica marina pueden cerrar la brecha en la transición energética. Además, se espera que en la próxima década estén disponibles tecnologías

de almacenamiento de energía mejores, más seguras y de mayor duración para mejorar la viabilidad de una cartera de energía altamente renovable. Sin embargo, no se espera que ninguna de estas medidas tenga un impacto en los objetivos regionales a corto plazo para 2030.

Electricidad: En 2022, la región consumió aproximadamente 21.310 gigavatios hora (GWh) de electricidad.⁹³ La **figura 19** desglosa el consumo de electricidad por sector. Casi toda la electricidad en el MSA se mueve a través del sistema de transmisión administrado por FirstEnergy, y el 87% proviene de las empresas de distribución de FirstEnergy, The Illuminating Company (CEI) y Ohio Edison (OE). Las empresas de servicios públicos más pequeñas, como CPP, distribuyeron el resto. Durante gran parte de los últimos 25 años, el consumo de electricidad en la región ha sido relativamente estable (crecimiento en algunas comunidades, disminución en otras).

Figura 19: Consumo de electricidad por condado y sector



El consumo de electricidad del MSA disminuyó un 7,5% entre 2018 y 2022.⁹⁴ Sin una nueva demanda a gran escala, las empresas de servicios públicos compensaron cualquier crecimiento localizado mediante inversiones más pequeñas en mejoras de la calidad de la energía. Hasta la última década, con la llegada de la energía solar con costos competitivos, el paradigma para la nueva inversión en generación de electricidad había sido construir grandes plantas de energía con cientos de megavatios de capacidad de generación, ubicadas estratégicamente alrededor de la región PJM.⁹⁵ Ubicación alineada con el acceso a líneas de transmisión de alto voltaje para servir a la región de varios estados y acceso a suministros de combustible. Los generadores han centrado sus esfuerzos en proyectos de gran escala que maximizan el retorno de la inversión. Ahora se espera que la demanda de electricidad crezca, por lo que los líderes de todo el MSA deberán intervenir o generar más generación de gas natural.

Gas Natural: El gas natural es clave para calefacción, cocina y secado en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales en el MSA. En 2022, los usuarios de energía residencial y comercial de la región consumieron 117.256.237 MMBtu de gas natural, junto con otros 1.160.042 MMBtu de propano y 439.171 MMBtu de combustible para residencias. Para 2022, Dominion Energy (ahora Enbridge) era el mayor distribuidor de gas natural de la región, con distribuidores más pequeños pero importantes como Columbia Gas of Ohio, Knox Energy Cooperative, Northeast Ohio Natural Gas y Northern Industrial Energy Development.⁹⁶ El uso y las emisiones de gas natural aumentaron en los sectores comercial e industrial entre 2018 y 2022, pero disminuyeron un 5% en el uso de energía residencial durante el mismo período.

7.2.2. Desafíos y obstáculos para la descarbonización del sector eléctrico

Demanda máxima de invierno: El pico invernal se refiere a los días durante los meses de invierno cuando el frío extremo provoca una alta demanda de energía de la red. Combinaciones de tecnologías como la energía solar fotovoltaica (FV), combinada con almacenamiento en baterías, pueden abordar las necesidades de electricidad durante el pico de demanda del verano. El uso de energía geotérmica avanzada para calefacción y refrigeración abordará porciones cada vez mayores y significativas de los requisitos térmicos de las comunidades del MSA y brindará alivio a la red. Sin embargo, los fenómenos pico invernales plantean desafíos importantes para la descarbonización a través de los métodos de menor costo. Los picos de demanda invernales ya generan una demanda de electricidad extremadamente alta y precios elevados, a pesar del uso de gas natural para calefacción.⁹⁷ Además, el MSA experimenta más de 200 días nublados por año y un promedio de 88 días nublados de diciembre a marzo.⁹⁸ La producción solar cae a sólo un tercio de su producción máxima de julio en diciembre y enero. Esta caída dificulta que la energía solar y el almacenamiento satisfagan las demandas energéticas del MSA durante el invierno.⁹⁹

Geografía para el almacenamiento de energía: En la actualidad, la tecnología de almacenamiento de energía de larga duración más eficiente es la energía hidroeléctrica de bombeo, en la que el agua se bombea a un depósito cuando la energía renovable es abundante y se libera a través de una turbina cuando se necesita electricidad. Al MSA solo le queda una presa y un embalse, LaDue en Bridge Creek en el condado de Geauga, que no genera energía hidroeléctrica. Esta instalación debería evaluarse para generar energía hidroeléctrica de bombeo. Además, las nuevas tecnologías de almacenamiento de larga duración, como el aire comprimido y el almacenamiento de hidrógeno geológico, pueden ser adecuadas para partes del noreste de Ohio, pero sólo después de 2030 y únicamente si los precios caen.

Dependencia de combustibles fósiles baratos: Los residentes de Ohio pagan en promedio \$0,1651 por kWh, casi \$0,03 y \$0,05 menos que Michigan y Nueva York, respectivamente, ya que la falta de capacidad de los ductos mantiene bajos los precios del gas.¹⁰⁰ A medida que aumentan los costos de nueva generación de gas natural y los tiempos de espera para nuevas turbinas de gas natural se incrementan, se espera que aumente el atractivo de agregar nueva energía solar de bajo costo a gran escala.¹⁰¹ Pero, dado el bajo costo del gas natural en la región, es poco probable que los mercados por sí solos impulsen este cambio hacia la energía limpia.

7.2.3. Historias de éxito y oportunidades locales

Proyecto solar en terrenos contaminados de Painesville: Painesville recibió \$80 millones de una subvención de implementación CPRG de \$129 para transformar un terreno abandonado de 140 acres en un conjunto solar de 35 MW con 10 MW en almacenamiento de baterías.¹⁰² Painesville Municipal Electric también cerrará su antigua planta de energía a carbón y modernizará su subestación municipal para servir mejor a sus clientes.¹⁰³ Este proyecto proporciona a Painesville y sus socios, el condado de Cuyahoga y la ciudad de Cleveland, una manera de implementar una medida central de reducción de emisiones del PCAP.



CPRG Conferencia de prensa sobre subvenciones solares, julio de 2025. Crédito: Condado de Cuyahoga

Central nuclear de Perry: Perry fue una herramienta clave y temprana para ayudar a reducir la dependencia de los combustibles fósiles del MSA, y demuestra el valor de la energía nuclear para la región. Perry está diseñado para albergar dos reactores de 1 GW, pero solo existe un reactor. La plataforma vacía para la segunda planta, junto con la capacidad adicional en las instalaciones para soportar generación adicional, crea una oportunidad única para que MSA amplíe su capacidad de generación firme y limpia.

Geotermia y geotermia avanzada: Gran parte del MSA tiene una geología favorable para las bombas de calor geotérmicas/de fuente terrestre para calentar y enfriar propiedades residenciales. Oberlin College también ha demostrado que las soluciones geotérmicas de distrito pueden calentar y enfriar entornos tipo campus, lo que proporciona una opción potencial para reemplazar los sistemas de energía de distrito alimentados con combustibles fósiles existentes. El MSA también se encuentra en la periferia de geologías ideales para la energía geotérmica avanzada.¹⁰⁴ La tecnología ha experimentado un enorme desarrollo en los últimos años y el MSA podría implementarla como una opción de energía limpia y firme en la década de 2040.

7.2.4. Las medidas de reducción de emisiones del sector eléctrico

Las siguientes secciones describen un conjunto completo de medidas de reducción de emisiones de todo el sector eléctrico que permitirán un progreso inmediato y sostenido hacia los objetivos de reducción de GEI de MSA a corto y largo plazo. Estas medidas corresponden en gran medida a la Electricidad Limpia del PCAP; sin embargo, esta sección se basa en esa lista inicial de medidas para proporcionar un conjunto más completo de medidas que descarbonizarán el sector eléctrico en el largo plazo.

7.2.4.1 Descarbonizar la electricidad comprada

Tres medidas ayudarán a las comunidades del MSA a descarbonizar la electricidad mediante compras de energía limpia. Se recomienda implementar estas medidas de inmediato. Dado que el MSA necesitará adquirir 40.000.000 de MWh de fuera de la región, estas medidas incentivarán al mercado y a las redes regionales a generar más energía renovable.

Agregación gubernamental: Las comunidades se inscriben en una agregación a través de SOPEC o NOPEC para comprar energía 100% renovable para clientes residenciales y pequeñas empresas en su geografía. Esto ofrece una solución de bajo costo y bajas barreras de entrada que también envía fuertes señales al mercado para generar más energía limpia. En general, esta es una solución excelente para los LIDAC.

Programas de precios públicos con suscripción voluntaria: Los clientes mercantiles del sector público, incluidos los gobiernos locales, las organizaciones sin fines de lucro, las entidades religiosas y las agencias públicas, pueden utilizar programas de precios públicos. Dentro de las comunidades atendidas por SOPEC, los clientes más grandes que tradicionalmente no reciben servicio de los planes de agregación del gobierno pueden optar por el acuerdo de energía 100 % renovable que presta servicio a la comunidad. Además, cualquier subdivisión política del estado de Ohio puede unirse a SOPEC para utilizar este programa, incluidas bibliotecas, distritos de parques, autoridades de tránsito y distritos de alcantarillado.¹⁰⁵ Este programa agiliza y simplifica la inscripción, reduciendo las barreras a la energía renovable. El Programa de Precios Preferenciales de NOPEC también ofrece a las entidades del sector público acceso a soluciones energéticas opcionales para sus cargas municipales, incluidas opciones de electricidad 100% renovable. A fines de 2024, el programa apoyaba 824 cuentas de electricidad en 55 comunidades, 269 cuentas de gas natural en 54 comunidades y 147 cuentas de alumbrado público en 43 comunidades.¹⁰⁶

Acuerdos de compra de energía (PPA): Estos contratos permiten que empresas grandes del sector privado y otras que no son elegibles para participar en los planes gubernamentales adquieran electricidad 100% limpia. Si bien por lo general no son arreglos complejos, sí requieren de alguien que tenga conocimientos sobre el proceso. Las empresas a menudo descubren que actuar en asociación con otras organizaciones permite obtener mejores tarifas. Los PPA no se limitan a la adquisición de electricidad fuera de la región; también pueden financiar el diseño y la construcción de generación de energía renovable y almacenamiento de energía en el sitio.

Las comunidades y juntas que gobiernan los servicios públicos deberían evaluar sus marcos y reglas de gobernanza para establecer objetivos de adquisición de energía limpia. También deberían considerar moratorias sobre contratos nuevos o futuros con generadores de combustibles fósiles.

7.2.4.2. Modernización de la red

Cuatro medidas son clave que las comunidades deben adoptar *en conjunto con* sus empresas de servicios eléctricos para mejorar la calidad de la energía, reducir las pérdidas de línea, mitigar los picos de carga y mejorar la resiliencia. Los pasos delineados anteriormente, así como las medidas adicionales que promueven la electrificación, dependen de una red de transmisión y distribución sólida y energéticamente eficiente. Además, los sistemas de redes inteligentes permiten una mejor gestión de los recursos energéticos distribuidos (DER), como la energía solar en los tejados residenciales o el almacenamiento. Sin esas mejoras en la red, los esfuerzos por electrificar amplias franjas del MSA fracasarán a medida que las comunidades enfrenten cortes en el suministro eléctrico o una baja calidad de la energía.

Sistemas de gestión de redes inteligentes: Modernización y gestión del control del sistema de distribución para mejorar la respuesta a la demanda (DR), la gestión de picos, la participación del almacenamiento a escala de red para la regulación de frecuencia y el control de voltaje, y la gestión de DER y activos de generación relacionados.

Esta medida permite otros pasos importantes para incrementar el uso de energía renovable. En primer lugar, los sistemas inteligentes permiten fijar precios dinámicos de la electricidad/precios según la hora del día, lo que incentiva a los clientes a utilizar la electricidad cuando es más abundante y más barata de producir, normalmente a partir de energía solar. Al aumentar la demanda de energía renovable y la recompensa para los clientes, este mecanismo ayuda a sostener el precio de la energía solar abundante, al tiempo que impulsa la electrificación.

En segundo lugar, los sistemas de gestión inteligente de la red permiten el uso de centrales eléctricas virtuales (VPP). Las VPP agregan sistemas de energía distribuida, lo que permite que las empresas de servicios públicos municipales o los administradores de la red operen estas unidades separadas como un sistema más grande. Los VPP podrían convertirse en estructuras importantes de gestión de la electricidad en escenarios donde tengamos una alta participación comunitaria en las CCA y una alta adopción de sistemas de energía solar en azoteas o estacionamientos dentro del MSA.

Modernización de sistemas de energía a escala de red: La electricidad se pierde en cada etapa del proceso de distribución de energía. Es posible ahorrar hasta un 4% en emisiones de electricidad en todo el sistema, y los mayores ahorros se logran en las zonas rurales y durante las horas punta.¹⁰⁷ La subestación construida en Middlefield, condado de Geauga, en 2012 fue diseñada para realizar exactamente estas funciones.

Almacenamiento en baterías a escala de distrito o de servicios públicos: corta duración (<4 horas): Los sistemas de almacenamiento de energía de baterías (BESS) construidos con tecnologías de iones de litio existentes pueden proporcionar una descarga continua durante hasta cuatro horas. Las estructuras tarifarias actuales incentivan la construcción y el despliegue de dichos sistemas para reducir los picos de demanda (la carga máxima general) y regular la frecuencia. Los sistemas BESS también suministran electricidad durante cortes breves de la red. Estos sistemas se implementan mejor mediante energía distrital, servicios públicos municipales y operadores de servicios públicos. A medida que la tecnología de control de IA mejora, esta tecnología puede volverse adecuada para otras aplicaciones industriales o comerciales.

Microrredes y minirredes comunitarias: Los sistemas de microrredes y minirredes brindan resiliencia a la infraestructura comunitaria crítica.¹⁰⁸ Al ubicar dichos proyectos para que presten servicio a infraestructuras críticas, como ayuntamientos y estaciones de bomberos, policía y servicios médicos de emergencia, las comunidades pueden reducir las emisiones y aumentar la resiliencia. Los sistemas más grandes podrían dar soporte a edificios comunitarios adicionales y a la carga de flotas de vehículos de servicio comunitario. El CCAP exige el desarrollo de 50 microrredes y minirredes en todo el Área Metropolitana de Seattle para el año 2050, lo que resultará en 250 MW de nueva generación solar.

7.2.4.3. Eficiencia energética

Dadas las superposiciones con otros sectores, solo existe una medida para que las comunidades aumenten la eficiencia energética. Las medidas de eficiencia energética, como la climatización y la electrificación de los edificios, se basan en tecnologías probadas y son estrategias que no dejan lugar a dudas. La modernización de los sistemas de energía a escala de red, mencionada anteriormente, será una medida importante para mejorar la eficiencia energética.

Conversión a LED: Si bien la mayoría de las ciudades y comunidades de la región han realizado la transición a la iluminación LED para calles y seguridad, la división de la responsabilidad de las actualizaciones de iluminación entre los sistemas de parques, los desarrolladores privados, las empresas y las subdivisiones políticas ha significado que algunas luces aún no se hayan abordado. Las comunidades deberían completar esta transición rápidamente.

7.2.4.4. Generación de energía solar dentro del MSA

Hay nueve medidas clave para que las comunidades aumenten la generación de energía renovable dentro de sus comunidades y dentro del MSA.

Energía solar a escala de servicios públicos: El MSA puede desarrollar 450 MW de energía solar a escala de servicios públicos en 1.800 acres de tierra para apoyar a los servicios públicos para 2050.

De terrenos abandonados a terrenos brillantes: El MSA puede convertir el 75% (830 acres) de sus 1.107 acres de terrenos industriales abandonados en centros de generación solar y almacenamiento de energía. Con 4,25 acres por MW, existe potencial para 195 MW de nueva energía solar en áreas industriales abandonadas en el MSA para el año 2050.¹⁰⁹

Energía solar en azoteas residenciales: Esta medida es una oportunidad particularmente atractiva para residencias en suburbios del anillo exterior o áreas rurales con menos consideraciones de sombra u obstrucción. Aunque estas residencias pueden estar en comunidades cuyas necesidades de electricidad renovable están totalmente satisfechas por un programa de agregación del gobierno, la energía solar en los tejados mitiga el riesgo de aumentos en los precios de la electricidad y permite a los residentes maximizar estos electrones de bajo costo. A través de programas cooperativos como Switch Together Northeast Ohio, los residentes pueden comprar energía solar en sus techos y almacenamiento de baterías de manera colectiva, reduciendo los costos y garantizando la calidad de la instalación. Este enfoque también puede ayudar a promover una mayor aceptación y control de la comunidad sobre la energía limpia, lo que puede

fortalecer el apoyo de la comunidad a esta transición.

Actualmente hay 3.245 paneles solares residenciales instalados en el MSA; en 2024, estos paneles produjeron aproximadamente 34.901 GWh de electricidad limpia.¹¹⁰ El MSA puede alcanzar 1,241 GW de energía solar en azoteas residenciales para 2050, con tasas de adopción casi del doble en los suburbios del anillo exterior y las comunidades rurales.

Sistema solar a escala comercial para azoteas y estacionamientos: Las empresas y los propietarios de edificios pueden reducir sus facturas de energía y lograr certeza en los precios al invertir en paneles solares a escala comercial para azoteas y estacionamientos. A medida que el consumo máximo de energía en verano continúa aumentando, estas instalaciones solares pueden compensar de manera crítica las necesidades de electricidad cuando los cargos son más altos y podrían respaldar la participación en programas de recuperación ante desastres. La energía solar en estacionamientos, al conectarse a baterías y estaciones de carga de vehículos eléctricos, también podría ser una fuente importante de ingresos para los propietarios. Debido a la variabilidad en el tamaño de los edificios y el diseño y configuración de los techos, el CCAP supone de manera conservadora que dos tercios de los edificios comerciales del MSA pueden instalar energía solar para 2050, con una capacidad promedio de 17,25 kW por sitio. De esta forma, con esta medida se podrán alcanzar 418 MW en el año 2050.

La energía solar a gran escala: Es un primer paso importante para descarbonizar el sector energético en los próximos cinco años. Por cada 10 MW de energía solar instalada, el MSA generará 12.713 GWh de electricidad limpia. Además, las implementaciones iniciales a gran escala de almacenamiento de energía solar y baterías pueden reducir significativamente la demanda máxima de verano en la red eléctrica, lo que mantiene fuera de línea los activos de generación eléctrica más contaminantes. Las comunidades con abundantes espacios urbanizables en azoteas, estacionamientos en superficie o en garajes, o zonas industriales abandonadas deberían aprovechar estas oportunidades (por ejemplo, un retorno significativo de la inversión y una menor resistencia de la comunidad).

Las comunidades rurales son objetivos clave para proyectos solares de mayor escala (más de 10 acres/2,5 MW), pero es importante interactuar de manera temprana y frecuente con la comunidad circundante y considerar cómo integrar la agricultura en estos proyectos (por ejemplo, integración con agroforestería, pantallas de árboles, etc.). Una solución es el pastoreo solar, donde la gestión de la vegetación alrededor de los paneles solares se realiza mediante el pastoreo de ovejas. Algunas comunidades están experimentando más con aspectos de la agrovoltaica, como modificar la disposición de los paneles solares para permitir las operaciones de heno.

La sistema solar más almacenamiento: En el caso de regiones con una radiación solar relativamente baja y una alta variación entre verano e invierno, como el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria, el dimensionamiento y los requisitos para los sistemas de energía solar más almacenamiento pueden ser considerables para la “independencia de la red”. Por estas razones, no se considera una solución independiente de “energía solar más almacenamiento”, salvo para microrredes comunitarias en operaciones de emergencia. La energía solar integrada con otras energías renovables y sistemas de almacenamiento de energía de larga duración (más de 10 horas, junto con una estructura de precios según la hora del día (dinámica) y tarifas que impulsan el consumo de electricidad cuando es más abundante) proporciona la base

para sistemas de energía descarbonizados a largo plazo.

Es importante tener en cuenta la exigencia de reabastecer los sistemas solares cada 25 años, y los sistemas de almacenamiento de energía cada 10 años. Si bien esto ofrece ventajas, especialmente a medida que la tecnología mejora según lo previsto, la reconstrucción y la repotenciación conllevan riesgos: el riesgo de que el operador no tenga el capital para realizar las actualizaciones adecuadas y el riesgo de que las cadenas de suministro, que se verán afectadas por la enorme demanda de energía verde, puedan tener largos retrasos que resulten en interrupciones del suministro eléctrico y la posibilidad de caídas de tensión.

7.2.4.5. Energía térmica distrital

La energía térmica distrital consistirá principalmente en sistemas geotérmicos donde lo permitan las condiciones de tierra y geología suficientes. También pueden obtener su energía térmica de aguas residuales o de agua de refrigeración de centros de datos o industriales en ciudades antiguas o establecidas o en parques industriales. Se están implementando soluciones geotérmicas de distrito en la región para proporcionar calefacción y refrigeración en entornos tipo campus y brindan un excelente potencial para reemplazar los sistemas de energía de distrito alimentados con combustibles fósiles existentes. La complejidad y el alto costo de capital asociados con tales sistemas significa que son más adecuados para organizaciones de servicios públicos municipales o de energía distrital que tienen la experiencia para operar dichos sistemas. Estos proyectos son altamente eficientes, mantienen bajas las cargas eléctricas y tienen un fuerte retorno de la inversión cuando se operan y mantienen adecuadamente.

Los sistemas de distrito de aguas residuales u otros sistemas de calor residual requieren la geografía conveniente de estar ubicados cerca de edificios que pueden usar el calor rechazado. Con la anticipación de la prisa por construir nuevos centros de datos y sus importantes requerimientos de enfriamiento y rechazo de calor, los desarrollos industriales o proyectos tipo microrredes podrían ubicarse y diseñarse teniendo en mente dichas tecnologías.

Los ahorros de emisiones que generarían estas tecnologías son difíciles de estimar, ya que la productividad de cada “distrito” depende de una multitud de factores específicos del sitio. La eficiencia añadida que crean estos nuevos sistemas puede superar el 30% y generar importantes ahorros de costes para el operador. El MSA debería completar 12 sistemas de este tipo en todo el MSA para 2050, con un estimado acumulado de 36 millones de MMBTU de gas natural reemplazado cada año, lo que resultará en 23,3 MMTCO₂e evitados.

7.2.4.6. Almacenamiento de energía de larga duración

El almacenamiento de energía renovable, económico y de larga duración, mejora enormemente la utilidad de la energía renovable. Las nuevas químicas de las baterías, incluidas las baterías de flujo, pueden proporcionar la escala y la seguridad necesarias, pero aún faltan más de cinco años para que se implementen a gran escala comercial. Aun así, con la excelente oportunidad que ofrece la energía renovable proveniente de la energía eólica marina después de 2035, los sistemas de almacenamiento de energía de larga duración combinados con una solución de este tipo pueden satisfacer más necesidades de la región de lo que se puede contemplar hoy. El almacenamiento de larga duración logra las mayores reducciones de emisiones cuando se combina con abundante energía renovable; cuando es gestionado

cuidadosamente por un operador a escala de distrito o de servicios públicos; y en momentos de máxima demanda, cuando se reemplaza la electricidad que de otro modo provendría de las fuentes de generación más contaminantes.

7.2.4.7. El hidrógeno como portador de energía

Hoy en día, el uso del hidrógeno como forma química de almacenamiento de energía es técnicamente factible, pero se necesitan mejoras significativas en la tecnología y los materiales para que resulte competitivo en términos de costos como almacenamiento de energía. Es mucho más probable que, para 2050, el hidrógeno desplace a los combustibles fósiles en aquellos procesos industriales no aptos para la electrificación y en algunos usos intensivos en el transporte. La mayor parte del hidrógeno consumido dentro del MSA se producirá fuera del MSA. Sin embargo, para 2040, debería haber suficiente capacidad de energía renovable dentro del MSA para alimentar una instalación de producción de electrólisis de hidrógeno de 50 toneladas métricas por día (MT/día). Esta instalación requeriría 100 MW de energía renovable o de cero emisiones. El MSA podría ampliar esta capacidad añadiendo una instalación de 100 MT/día para 2045, si hubiera suficiente electricidad nuclear o geotérmica nueva disponible para respaldar esta producción.

Detrás del medidor de producción de hidrógeno

La industria del hidrógeno ha estado experimentando durante décadas con electrolizadores de óxido sólido (SOE) para producir hidrógeno y gas de síntesis. Estos sistemas pueden funcionar con gran eficiencia cuando se combinan con instalaciones que producen grandes cantidades de calor residual (más de 500 ° C). El acceso al calor residual es necesario para alcanzar los objetivos de eficiencia y precio de dichos sistemas. La expansión de nuevas centrales nucleares ofrece una oportunidad única para ubicar una planta de producción de hidrógeno en el sitio o inmediatamente adyacente, para aprovechar el calor residual de las operaciones de electricidad y utilizarlo para empresas estatales.

7.2.4.8. Energía nuclear

Es posible que importantes líderes comunitarios y empresariales inicien negociaciones con la central nuclear de Perry para apoyar la construcción y finalización de nuevos reactores en el sitio. Estos debates deberían incluir apoyo para ampliar aún más la vida útil del reactor Perry 1. La energía nuclear sigue siendo la mejor tecnología disponible hoy en día (y se espera que esté disponible en 2040) para satisfacer la demanda de electricidad durante los meses de invierno y, especialmente, durante los picos de demanda invernales. La energía nuclear ofrece el beneficio adicional del factor de capacidad más alto de cualquier fuente de generación, con un 92,5%.¹¹¹ La adición de 2 GW de generación nuclear en 2046-2047 reducirá los GEI en 5,98 MMTCO_{2e} al año, para un total de 26,9 MMTCO_{2e} entre 2046 y 2050.



Central nuclear de Perry. Fuente: Fundación de Wikimedia .

La EIA estadounidense estima que la energía nuclear avanzada cuesta alrededor de 88 dólares por MWh. Este costo es muy superior al de otras fuentes de energía, incluidas la solar, la eólica y el gas natural, pero los créditos fiscales actuales pueden reducir ese total.¹¹² A medida que la región experimente un aumento significativo en la demanda de electricidad, es probable que este precio se vuelva más competitivo. La expansión de la generación en Perry probablemente requerirá que las partes interesadas en el MSA firmen acuerdos de compra, en lugar de realizar inversiones de capital. Esta opción liberaría recursos para invertir en otras medidas de reducción de emisiones.

Perry tiene la capacidad de expandirse. Su plataforma vacía puede ser el activo de descarbonización más importante del MSA, ya que este espacio adicional reduce en gran medida el costo de ubicación y permisos para nueva energía nuclear. El potencial de expandir la generación nuclear podría impulsar un mayor crecimiento comunitario y económico en el MSA, ya que los residentes y las empresas que buscan energía

limpia y firme reconocerán el valor de esta instalación.¹¹³ La nueva capacidad nuclear también podría permitir el desarrollo de la producción de hidrógeno verde en la región, lo que será clave para descarbonizar la industria pesada, incluida la siderurgia. Cualquier mayor apoyo a la energía nuclear debería merecer un seguimiento estrecho. Podría convertirse en un punto de defensa si las comunidades del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria deciden apoyar esta tecnología y estrategia.

Sin embargo, la historia reciente demuestra los desafíos logísticos y políticos que supone poner en funcionamiento nueva generación de energía nuclear. Las investigaciones muestran que los proyectos nucleares suelen experimentar importantes sobrecostos y retrasos.¹¹⁴ Las instalaciones estandarizadas (por ejemplo, AP1000) pueden ayudar a abordar este desafío, pero expandir la generación en Perry aún requerirá una amplia participación y aceptación de la comunidad.

7.2.4.9. Energía eólica marina

Los estudios del Proyecto Icebreaker, el proyecto piloto propuesto para seis (6) turbinas eólicas marinas en el lago Erie, indicaron un entorno eólico muy favorable para la generación de electricidad a gran escala.¹¹⁵ A pesar de la oposición inicial, el recurso eólico disponible es demasiado atractivo como para prescindir de él, y sigue siendo una opción de desarrollo importante después de 2030. La energía eólica marina sigue siendo una opción atractiva para los países con una producción solar estacional relativamente baja y tiene el potencial de impulsar una industria eólica local. Sin embargo, la energía eólica marina enfrenta una importante oposición y obstáculos regulatorios a nivel federal, incluida la derogación de créditos fiscales y la retirada de permisos.¹¹⁶

7.2.4.10 Generación de electricidad geotérmica

Empresas como Fervo Energy combinarán avances en técnicas de perforación con tecnología avanzada de intercambio de calor para generar electricidad en plantas a gran escala.¹¹⁷ Las comunidades de MSA se encuentran en la periferia de geologías ideales para soluciones geotérmicas avanzadas.¹¹⁸ MSA podría aprovechar e implementar una solución de este tipo en la década de 2040. La tecnología es prometedora y puede proporcionar generación de carga base a precios competitivos.¹¹⁹

Otras tecnologías de energía renovable incluyen la energía eólica terrestre y los biocombustibles. La energía eólica terrestre no es la opción ideal dada la densidad del Área Metropolitana de Ohio, las normas restrictivas de restricción de la energía eólica del estado de Ohio y la calidad relativamente pobre de la energía eólica terrestre en la región. Los biocombustibles producidos a partir de productos agrícolas regionales son potencialmente atractivos, pero la lenta aceptación en el mercado ha disminuido el interés. A mediados de la década de 2010, se realizó un trabajo importante sobre la oportunidad de transformar tierras agrícolas marginales en cultivos herbáceos perennes, especialmente miscanto, para la producción de biocombustibles.¹²⁰ Sin embargo, sigue existiendo una demanda significativa de gas natural renovable, especialmente para fines industriales o para su uso como combustible de aviación sostenible.

Las tecnologías de energía no renovable incluyen la adopción de sistemas combinados de calor y energía (CHP) con generación de electricidad a partir de gas natural y captura de carbono para instalaciones de generación. Las centrales eléctricas tradicionales de gas natural desperdician entre un 30 y un 50 por ciento

de su consumo energético en forma de calor. La captura de calor residual para utilizarla como generación de energía adicional o calefacción urbana podría mejorar la eficiencia de la planta entre un 10 y un 20 por ciento.¹²¹ Si bien ninguna de estas dos opciones es recomendable, dada la cantidad de plantas de gas natural en Ohio, estas pueden ser soluciones necesarias para evaluar en años futuros.

7.2.5. Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del sector eléctrico

Ahorro de emisiones de GHG: Se espera que la demanda de electricidad se triplique dentro del Área Metropolitana de San Luis para el año 2050. Aproximadamente el 66% de esta electricidad se comprará a partir de fuentes renovables o de cero emisiones de fuera del MSA a través de agregaciones gubernamentales o PPA. Las medidas de modernización de la red y el reemplazo de LED mejorarán la eficiencia, optimizarán el uso de electricidad cuando hay más abundancia y reducirán las pérdidas. El tercio restante de electricidad, aproximadamente 22 TWh por año debería provenir de la generación de energía limpia dentro del MSA. Esta estrategia da como resultado reducciones acumuladas de emisiones de 75,5 MMTCO₂e evitadas en este sector para 2050. Unos plazos más agresivos y una mayor inversión de capital permitirían evitar más emisiones.

La electrificación y la energía limpia crearán empleos y mejorarán la calidad del aire. En las secciones siguientes se abordan los beneficios colaterales de la calidad del aire y la reducción de contaminantes atmosféricos críticos. Se estima que 58 residencias por día laboral incorporarán paneles solares, por lo que la creación de empleo y de empresas en este sector será sustancial.

Beneficios y cobeneficios del LIDAC: De las medidas de reducción de GHG, la agregación gubernamental es la más fácil de ejecutar, tiene la barrera de entrada más baja y es accesible para los LIDACs. Las inversiones en sistemas de gestión inteligente de la red y la modernización de los sistemas de energía a escala de la red mejorarán la calidad de la energía, reducirán los cortes de energía y aumentarán la capacidad de soportar la mayor demanda de electricidad debido a la electrificación de los LIDAC. Si bien todos los proyectos solares tienen el potencial de beneficiar indirectamente a los LIDAC a través de la reducción agregada de las emisiones provenientes de la quema de combustibles fósiles, la estrategia “de terrenos abandonados a terrenos brillantes” tiene el beneficio adicional de un mejor uso de la tierra para sitios subutilizados o degradados, muchos de los cuales se encuentran dentro de los LIDAC o junto a ellos. La adición de grandes plantas de energía solar a estos sitios puede resultar en beneficios fiscales locales (es decir, mayores ingresos) para estas comunidades.

Las comunidades de LIDAC también se beneficiarían de la propiedad comunitaria de los activos de energía limpia, a través de programas como Switch Together o Cleveland Owns (para los residentes de la ciudad de Cleveland).¹²²

Costos para el MSA: Los costos de cada medida de reducción de GEI muestran altos grados de incertidumbre para las tecnologías que se introducirán después de 2035. La adopción y el despliegue de energía solar en azoteas y a gran escala son más seguros. Un sistema solar de azotea promedio de 3,45 kW cuesta alrededor de \$9.000 por residencia, y la energía solar a escala de servicios públicos tiene un costo total estimado de \$2 millones por MW.

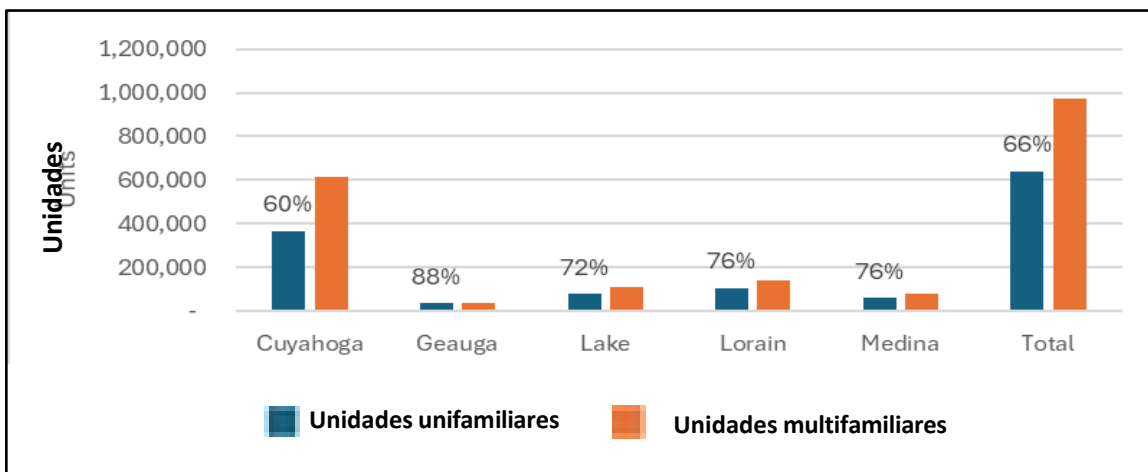
7.3. Sector energético residencial y comercial

El sector de la construcción (energía comercial y residencial) representa aproximadamente el 39% de los GEI en el MSA. Si bien la mayoría de los edificios de la región son residenciales, las propiedades comerciales representan un consumo de energía aproximadamente equivalente. La descarbonización requerirá minimizar el uso de energía y reducir la energía incorporada en los materiales de construcción. Esto es posible gracias a materiales de envoltura de edificios mejorados y a un mejor rendimiento de los equipos con materiales reciclados, de origen local y de bajo consumo de energía. El menor consumo de energía se puede compensar aún más mediante fuentes de energía renovables, ya sea a nivel doméstico, comunitario o de servicios públicos.

7.3.1. Contexto de MSA

El sector de la construcción es fundamental en el camino hacia la descarbonización regional en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. Los edificios residenciales representan una parte sustancial de los GEI debido al envejecimiento de la infraestructura, los sistemas de calefacción obsoletos y las prácticas de construcción históricamente ineficientes. Como tal, el sector de la construcción ofrece un desafío importante y una oportunidad sin precedentes para reducir las emisiones, avanzar hacia la equidad y el desarrollo económico. El diverso parque de viviendas del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria (**Figura 20**) presenta un desafío único en la descarbonización del sector de la construcción. La región debe abordar tanto las viviendas existentes, que a menudo adolecen de un bajo rendimiento energético, como los desarrollos más nuevos que deben cumplir estándares ambientales más estrictos. Las consideraciones de equidad son centrales en la estrategia para garantizar que los beneficios de la descarbonización lleguen a todas las comunidades, en particular a aquellas históricamente desatendidas.

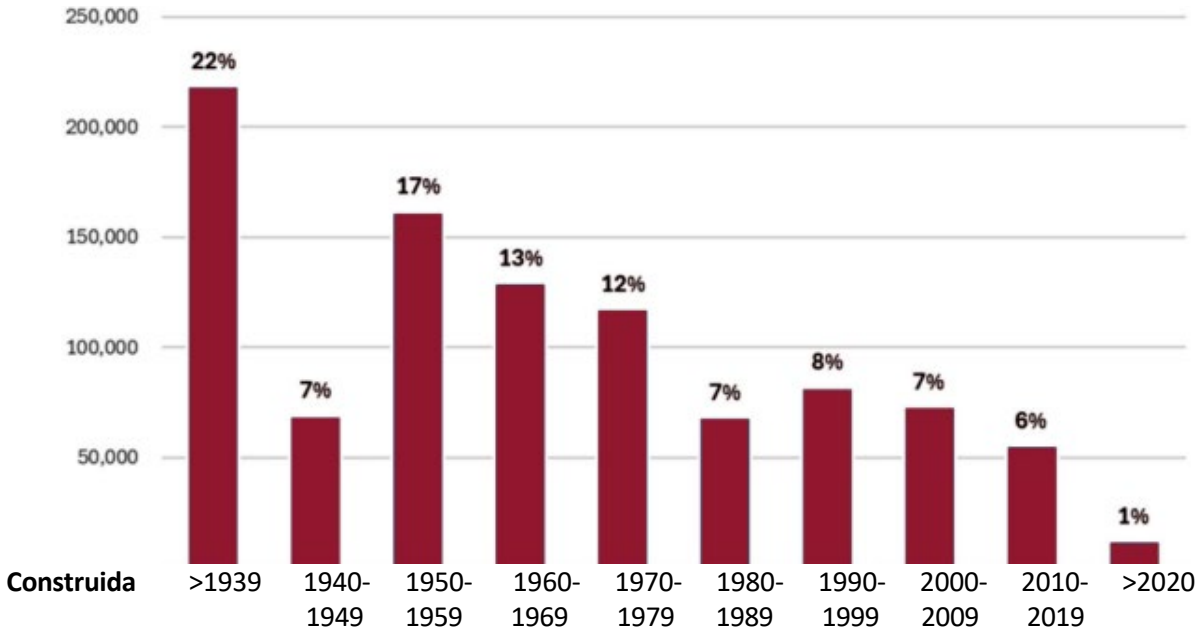
Figura 20: Inventario de edificios residenciales por condado en el MSA de Cleveland-Elyria



Hay aproximadamente 975.000 unidades residenciales en el MSA. El MSA tiene un parque de viviendas más antiguo; la mayoría de las unidades residenciales tienen más de 50 años, como se muestra en la **Figura 21**.¹²³ Este parque antiguo presenta un desafío importante para la eficiencia energética, ya que muchas de estas viviendas se construyeron bajo códigos de construcción obsoletos que carecían de estándares de aislamiento modernos y requisitos de rendimiento energético. Con el tiempo, el deterioro de las envolventes de los edificios

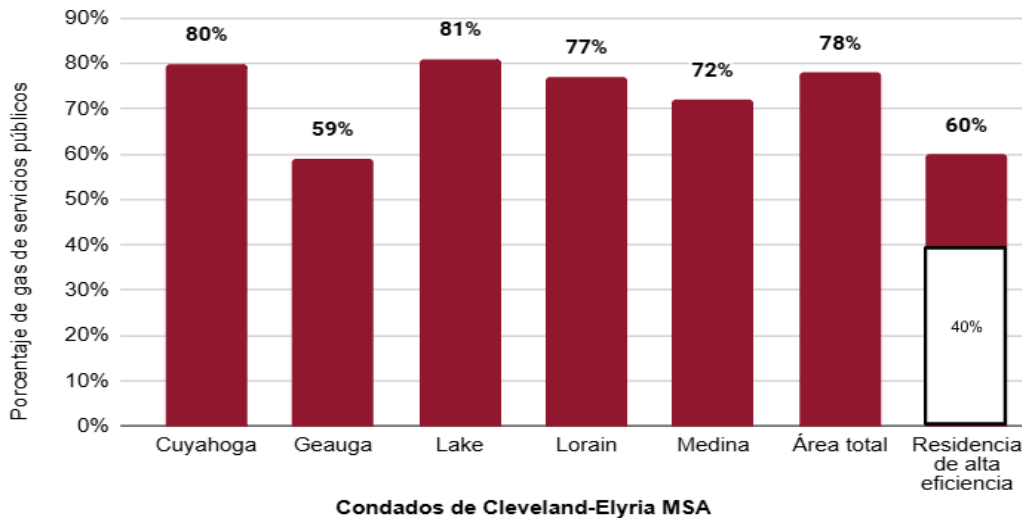
reduce aún más la eficiencia energética. Como resultado, estas unidades más antiguas requieren cargas de calefacción sustancialmente mayores, un mayor uso de energía, mayores costos de servicios públicos y más emisiones de GEI. La descarbonización regional y la equidad energética requieren que las comunidades aborden las ineficiencias de este parque de viviendas heredado.

Figura 21: Edad de los edificios residenciales en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria



La **figura 22** ilustra la dependencia del MSA del gas natural para calefacción. Casi ocho de cada diez hogares utilizan gas, con un rango que va del 59% en el condado de Geauga al 81% en el condado de Lake.¹²⁴ Este elevado consumo, sobre todo en las viviendas más antiguas, pone de relieve la urgente necesidad de realizar esfuerzos de descarbonización, ya que dichas viviendas suelen presentar una menor eficiencia energética debido a factores como un aislamiento inadecuado y sistemas de calefacción obsoletos.

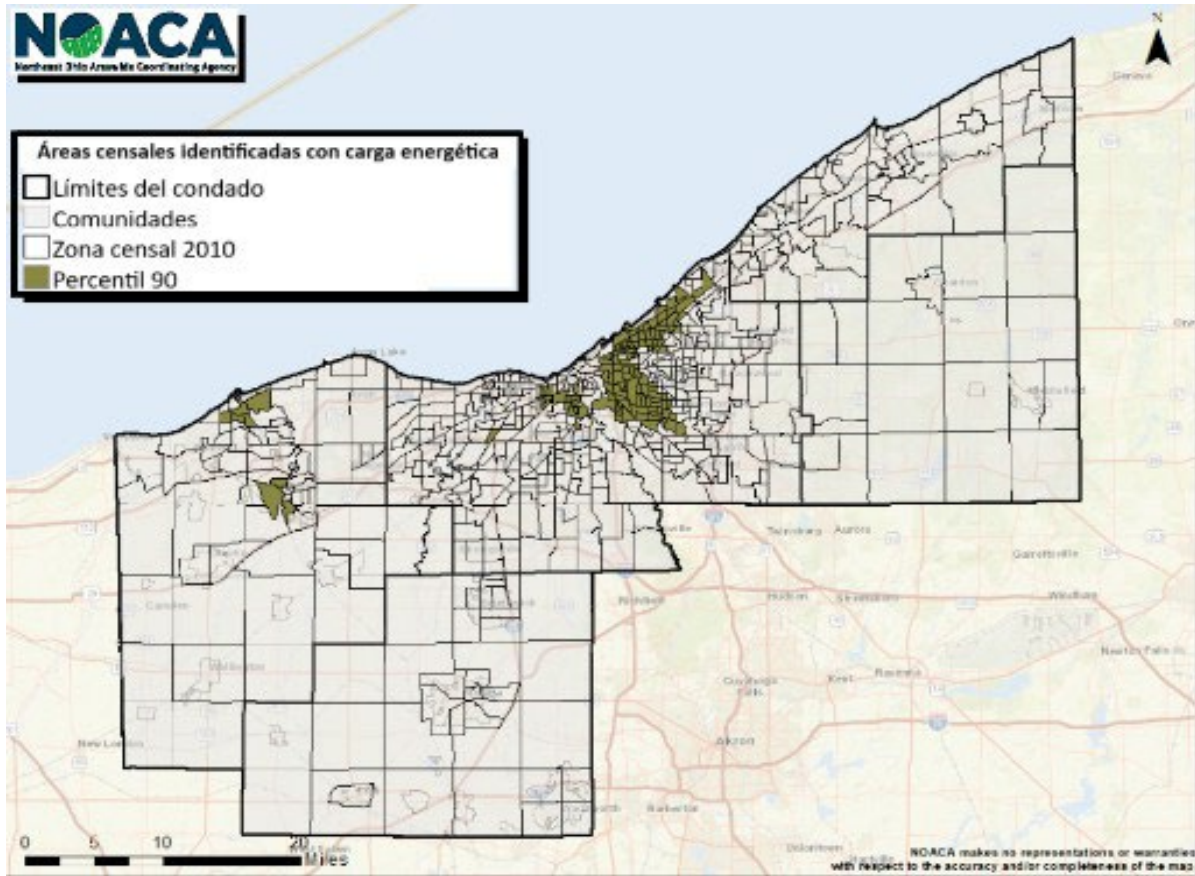
Figura 22: Porcentaje de gas natural para calefacción residencial por condado



Los edificios comerciales y residenciales del MSA produjeron un total de 11,7 MMTCO₂e durante 2022. Los edificios residenciales representaron la mayor parte de estas emisiones, principalmente de gas natural (4,1 MMTCO₂e) y electricidad (2,8 MMTCO₂e). Los edificios comerciales contribuyeron aproximadamente con 4,7 MMTCO₂e, con emisiones divididas entre electricidad (2,6 MMTCO₂e) y gas natural (2,1 MMTCO₂e).

Las elevadas cargas energéticas afectan desproporcionadamente a los hogares de bajos ingresos, especialmente en los barrios más antiguos donde las viviendas ineficientes aumentan los costos de los servicios públicos. **La Figura 23** muestra la carga energética de los hogares en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. Una transición energética equitativa implica climatización, acceso a energías renovables y mecanismos de financiamiento que aborden la subinversión histórica en los barrios marginados.

Figura 23: Áreas censales en o por encima del percentil 90 de carga energética de los hogares



Existe una coalición diversa de partes interesadas públicas, privadas y sin fines de lucro que desempeñarán un papel en la descarbonización de los edificios dentro del MSA. Estos incluyen, pero no se limitan a, gobiernos de condados, municipios, NOACA, el Distrito Cleveland 2030, el Consejo de Construcción Ecológica del Noreste de Ohio de EE. UU. (NEOGBC), Cooperativas Evergreen y Ohio Cooperative Solar, constructores y desarrolladores del sector privado e instituciones de educación superior.

7.3.2. Desafíos y obstáculos para la descarbonización de los edificios

La descarbonización en el sector de la construcción del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria enfrenta varios desafíos, incluido el envejecimiento del parque inmobiliario, las disparidades socioeconómicas, la gobernanza fragmentada y los mecanismos financieros limitados.

Parque inmobiliario envejecido e ineficiente: Un número significativo de edificios en la zona son anteriores a los códigos energéticos modernos. Muchos edificios carecen de aislamiento suficiente, tienen ventanas con un solo panel y dependen de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado ineficientes. Las viviendas unifamiliares independientes son menos eficientes energéticamente por unidad o por pie cuadrado que las viviendas multifamiliares.

Restricciones económicas: Los residentes de bajos ingresos a menudo experimentan altas cargas energéticas; sus facturas de servicios públicos consumen una parte desproporcionada de sus ingresos. Muchos propietarios de viviendas y arrendadores carecen de acceso al capital o la financiación necesarios para realizar mejoras como bombas de calor o modernizaciones de aislamiento. Las propiedades en alquiler sufren el problema de los “incentivos divididos”. Este problema ocurre cuando los propietarios toman decisiones sobre mejoras de capital, pero los inquilinos deben pagar las facturas de servicios públicos. Como resultado, los propietarios tienen poca motivación financiera para invertir en mejoras de ahorro energético, ya que no se benefician directamente de los menores costos energéticos. La descarbonización de edificios comerciales requiere una inversión inicial significativa, lo que retrasa su implementación. La descarbonización de los edificios comerciales también requiere experiencia de diseño especializada para cumplir con los códigos de construcción y las normas contra incendios, seguridad y cuestiones estructurales.

Barreras políticas, regulatorias e institucionales: La región carece de estándares sólidos de desempeño de la construcción, como evaluaciones comparativas obligatorias de energía o requisitos de eficiencia. La aplicación del código de construcción está fragmentada, con diferentes normas y prácticas de aplicación en los distintos municipios, lo que dificulta la creación de un enfoque regional unificado. Además, las regulaciones de servicios públicos y las estructuras de precios existentes a menudo no respaldan la electrificación o la generación de energía renovable local, y programas como la medición neta minorista enfrentan desafíos cada vez mayores en Ohio.¹²⁵

Limitaciones técnicas y de personal: Existen importantes desafíos técnicos y laborales para escalar la eficiencia energética y la electrificación en el MSA.¹²⁶ Hay una escasez de profesionales capacitados localmente para auditorías energéticas, instalaciones de bombas de calor y trabajos de climatización. Además, la falta de datos energéticos de alta resolución de los edificios dificulta la priorización de los edificios y el desarrollo de estrategias de modernización específicas. Esto dificulta la planificación y la toma de decisiones.

Justicia para las comunidades marginadas: Los barrios históricamente marginados y las antiguas áreas industriales a menudo contienen el parque de viviendas menos eficiente, pero estas comunidades enfrentan barreras sistémicas a la inversión, incluido el acceso limitado a la financiación y el abandono estructural.¹²⁷ Además, los residentes de edificios antiguos y mal mantenidos tienen más probabilidades de sufrir una ventilación y calefacción inadecuadas, lo que puede empeorar las condiciones respiratorias y aumentar la vulnerabilidad a las temperaturas extremas.¹²⁸

Preparación para la red eléctrica: La red eléctrica del MSA no está preparada para soportar la electrificación completa de los edificios. Gran parte de la infraestructura está obsoleta y construida para un menor consumo de energía a base de gas. Las subestaciones y los transformadores a menudo carecen de capacidad suficiente, particularmente en las zonas rurales de los condados de Geauga y Medina, y persisten problemas de confiabilidad en los barrios urbanos. La región también enfrenta barreras para integrar la energía solar en los tejados y otras energías renovables debido a las débiles políticas de interconexión. Sin una inversión importante en mejoras de la red, medidores inteligentes, almacenamiento y gestión de la demanda, la electrificación total podría sobrecargar el sistema y profundizar las desigualdades energéticas.

Edificios vacíos: Hay aproximadamente 9.200 edificios vacíos en la ciudad de Cleveland, y miles más en el resto del Área Metropolitana de Cleveland.¹²⁹ Estos edificios desafían los esfuerzos regionales de descarbonización.

El carbono incorporado ya está “invertido” en edificios vacíos. Entre 20 y 40 toneladas de carbono se almacenan en los materiales de construcción existentes y “desaparecen” cuando se derriban los edificios. A modo de comparación, la rehabilitación retiene entre el 60 y el 80 por ciento de este carbono incorporado mientras que genera sólo entre 8 y 18 toneladas de GEI, lo que crea un argumento convincente a favor de la rehabilitación en lugar de la demolición.¹³⁰ Los patrones de demolición concentrados en barrios desfavorecidos, como Cleveland y East Cleveland, podrían reducir las emisiones por edificio entre un 20 y un 30 % mediante la eficiencia del equipo y el transporte coordinado. Las demoliciones rurales dispersas en los condados de Lake, Geauga y Medina podrían generar entre un 40 y un 80 % más de emisiones debido a las mayores distancias de viaje.

La rehabilitación supera consistentemente a la demolición en todos los contextos geográficos del MSA, con emisiones de carbono típicamente entre un 60 y un 75 % menores por edificio. Sin embargo, si bien la rehabilitación produce menos emisiones de carbono que la demolición, el costo de modernizar casas antiguas vacías para lograr la neutralidad de carbono excede por mucho el valor de mercado del edificio, en particular en los países LIDAC. Las comunidades deben evaluar los objetivos de descarbonización en el contexto de las realidades económicas y la equidad comunitaria.

7.3.3. Historias de éxito y oportunidades locales por edificios

EcoVillage Cleveland: El EcoVillage de Cleveland, cerca de Lorain Avenue y West 65th Street, muestra el compromiso de la ciudad de combinar la sustentabilidad ambiental y económica a través de viviendas energéticamente eficientes, espacios verdes compartidos, jardines comunitarios y transporte ecológico, todo lo cual reduce los costos de los servicios públicos y apoya la asequibilidad. Las organizaciones comunitarias y los socios locales mejoran el desarrollo social a través de la educación y programas que promueven el reciclaje, la jardinería y la prevención de la contaminación.

El proyecto ejemplifica la sostenibilidad a escala de barrio a través de un conjunto integral de estrategias de descarbonización integradas en su diseño residencial y comunitario. El desarrollo enfatiza envolventes de edificios energéticamente eficientes con aislamiento superior, sellado de aire meticuloso y ventanas de alto rendimiento para minimizar las cargas térmicas. Las medidas de diseño pasivo, como la orientación óptima del edificio y la integración de la ventilación natural, reducen aún más la demanda de energía. Los residentes se benefician de sistemas mecánicos eficientes, que incluyen unidades HVAC de alta eficiencia y electrodomésticos que ahorran energía. Muchas casas incluyen sistemas solares fotovoltaicos o están diseñadas para actualizarse fácilmente para la integración de energía renovable. La selección de materiales sostenibles favorece unas menores emisiones durante el ciclo de vida. Además, se prioriza la conservación del agua mediante la recolección de agua de lluvia y la creación de paisajes tolerantes a la sequía. Un diseño peatonal y servicios compartidos fomentan la caminata y el ciclismo, reducen las emisiones relacionadas con el transporte y fomentan un sentido de comunidad.¹³¹

Centro de Estudios Ambientales Adam Joseph

Lewis, Oberlin College: Este edificio sirve como modelo ejemplar de una instalación educativa de alto rendimiento diseñada para reducir los GEI. Se trata de un diseño solar pasivo a través de la orientación estratégica del edificio y una iluminación natural pensada, que maximiza la luz natural y la ganancia de calor solar en invierno mientras mitiga el sobrecalentamiento del verano. La envolvente del edificio cuenta con un aislamiento avanzado y un acristalamiento de alto rendimiento, complementado con un riguroso sellado de aire para minimizar la pérdida de calor. Se utiliza ventilación natural siempre que las condiciones climáticas lo permitan, reduciendo la dependencia de sistemas de refrigeración mecánicos. Además, la instalación utiliza calefacción y refrigeración geotérmica a través de bombas de calor geotérmicas, lo que ofrece un enfoque eficiente y renovable para la regulación de la temperatura durante todo el año. La combinación de todas estas estrategias convierte al Centro en una demostración pionera de arquitectura sostenible en la educación superior.¹³²



Fuente: Universidad Oberlin

7.3.4. Las medidas de reducción de emisiones del energético residencial y comercial

La descarbonización profunda de los edificios residenciales y comerciales del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria requiere una estrategia coordinada de electrificación, construcción de alto rendimiento, materiales con bajas emisiones de carbono, modernizaciones equitativas y tecnologías interactivas con la red. Las acciones clave incluyen el reemplazo de sistemas de combustibles fósiles por bombas de calor, la incorporación de diseños solares y de cero emisiones netas en el sitio y políticas de apoyo para el futuro almacenamiento de baterías. Los nuevos edificios deben superar los códigos base con LEED, la norma 189.1 de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) y diseño pasivo. Los desarrolladores pueden reducir el carbono incorporado con madera en masa, hormigón bajo en carbono y sistemas prefabricados, respaldados por análisis del ciclo de vida (ACV) e incentivos de adquisición. Las reformas centradas en la equidad, la energía solar comunitaria, los datos sólidos y la capacitación de la fuerza laboral ayudan a reducir las cargas energéticas. Por último, los controles inteligentes y la integración a la red hacen que los edificios sean activos flexibles y confiables que facilitan el uso de energía renovable. En conjunto, estas medidas crean un entorno construido con bajas emisiones de carbono, resiliente y justo.

Las siguientes secciones describen un conjunto completo de medidas de reducción de emisiones de los sectores de energía residencial y comercial que permitirán al Área Metropolitana de Cleveland-Elyria lograr un progreso inmediato y sostenido hacia sus objetivos de reducción de GEI a corto y largo plazo. Estas medidas corresponden en gran medida a las medidas de Eficiencia Constructiva y Electrificación del PCAP;

sin embargo, esta sección se basa en esa lista inicial de medidas prioritarias para proporcionar un conjunto más completo de medidas para descarbonizar este sector a largo plazo.

7.3.4.1. Reformas de eficiencia energética en edificios existentes

Para mejorar el rendimiento energético de los edificios existentes, hay que empezar por mejorar las envolventes de los edificios y los sistemas mecánicos y de control. El aislamiento mejorado reduce significativamente las pérdidas de energía térmica. Además, las técnicas de estructura avanzadas ayudan a minimizar los puentes térmicos y a mejorar el rendimiento general de la pared.

Las envolturas de los edificios más herméticas mediante un sellado de aire integral y pruebas de puertas soplantes reducen aún más la pérdida de calor debido a la infiltración. Una de las estrategias de conservación de energía más importantes es reemplazar las ventanas existentes con modelos de doble panel y baja emisividad (Low-E); esto mejora la eficiencia térmica al reducir la transferencia de calor conductivo. Las actualizaciones del sistema mecánico, incluida la instalación de ventiladores de recuperación de energía (ERV) y sistemas de aire exterior dedicados (DOAS) (bombas de calor acopladas a tierra en áreas apropiadas) mejoran la eficacia de la ventilación al tiempo que conservan energía.¹³³ Por último, los controles sensibles a los ocupantes, como los sensores de luz diurna y de movimiento, garantizan que los sistemas de iluminación funcionen solo cuando sea necesario. Esto reduce el consumo innecesario de energía. En conjunto, estas medidas crean un ambiente interior más eficiente, cómodo y sostenible.

Las estrategias de mitigación de la isla de calor urbana (UHI), como techos fríos, pavimentos reflectantes, mayor cubierta arbórea e infraestructura verde, pueden reducir las temperaturas urbanas y disminuir la demanda de aire acondicionado. Si bien el impacto directo sobre las emisiones de GEI es relativamente modesto (alrededor del 3-6%), estas medidas mejoran la comodidad, reducen la demanda máxima de energía y mejoran la resiliencia urbana.

Los edificios comerciales del MSA tienen una variedad de estilos y configuraciones, y las reformas apropiadas dependerán de cuándo y dónde se construyeron. Algunos ejemplos de edificios comerciales en la región y enfoques de descarbonización recomendados incluyen:

- **Edificios de oficinas de mediados de siglo:** Por lo general, tienen ventanas de un solo vidrio, aislamiento mínimo y construcción de mampostería. El revestimiento con fachada ventilada acompañado de sustitución estratégica de ventanas aumentaría el rendimiento del edificio, con una reducción de hasta el 60 % en las pérdidas de energía relacionadas con la fachada.
- **Instalaciones médicas envejecidas:** Estos edificios suelen estar contruidos con paneles de hormigón, con puentes térmicos y problemas de fugas de aire. Los sistemas EIFS o de paneles prefabricados podrían reducir las pérdidas térmicas en aproximadamente un 50% manteniendo las operaciones.
- **Parques de oficinas suburbanas:** Estas instalaciones suelen tener vidrios tintados, paneles de enjuta y muros cortina anticuados. Los sistemas de reemplazo de paredes de ventanas con vidrios optimizados podrían reducir el uso de energía en un 40% con una mejor iluminación natural. Los beneficios adicionales incluyen reducción del deslumbramiento y un entorno de trabajo mejorado.

- **Edificios altos del centro:** Estos edificios tienen sistemas de muro cortina con bajo rendimiento térmico. Las áreas opacas se pueden revestir con sistemas de alto rendimiento, lo que da como resultado una reducción del 30-40% en el uso de energía y menores costos de mantenimiento.

Las políticas para apoyar las reformas de eficiencia energética incluyen:

- Programas regionales de climatización para viviendas construidas antes de 1975;
- Defensa de una mejor aplicación del código energético a nivel estatal para exigir estándares mínimos de modernización durante las renovaciones;
- Cumplir con los hitos del cronograma del PCAP para modernizar los edificios existentes con tecnologías de eficiencia energética para garantizar una implementación oportuna y efectiva;
- Integrar esfuerzos de mapeo y planificación para priorizar a las comunidades vulnerables y desatendidas; e
- Integrar estrategias de UHI en los planes de adaptación climática y de zonificación.

7.3.4.2. Integración de electrificación y energías renovables

Las tecnologías y estrategias incluyen:

- **Bombas de calor de fuente de aire y de fuente terrestre:** Reemplazar los hornos y calderas de gas por bombas de calor eléctricas que utilizan el aire ambiente o el calor geotérmico;
- **Sistemas solares fotovoltaicos in situ:** Promover la instalación de paneles fotovoltaicos monocristalinos para compensar el consumo de electricidad;
- **Diseño de casa con consumo neto cero:** Combinar arquitectura energéticamente eficiente y energía solar en azoteas para lograr un consumo energético anual neto cero;
- **Almacenamiento de batería:** Fomentar los sistemas de baterías como soluciones de respaldo y de cambio de carga.

Las políticas para apoyar la electrificación y la integración de las energías renovables incluyen:

- Restauración y ampliación de programas de incentivos para la energía solar residencial y la electrificación (por ejemplo, créditos fiscales, reembolsos, asociaciones con empresas de servicios públicos);
- Revisiones del código de zonificación para permitir una instalación más sencilla de paneles fotovoltaicos y bucles de tierra para sistemas geotérmicos;
- Casas prefabricadas de energía neta cero en la región;
- Ampliar el papel y el alcance de Growth Opportunity Partners, el banco verde regional, en colaboración con el sector privado para financiar proyectos verdes en la región;
- Fomentar y apoyar el establecimiento de instalaciones de reciclaje de materiales de construcción en la región; y
- Proponer un código de construcción ecológica voluntaria que promueva la electrificación en lugar de nuevas conexiones de gas.

7.3.4.3. Nueva construcción de alto rendimiento

Para que el sector de la construcción se acerque a la neutralidad de carbono, la región MSA de Cleveland-Elyria debe alentar e incentivar a los desarrolladores a adoptar estándares más altos como ASHRAE 189.1,

LEED, EnergyStar o EPA GreenCheck. Estas normas adoptan enfoques holísticos para promover la eficiencia energética, reducir las pérdidas de energía y mejorar la comodidad.

Las tecnologías y estrategias incluyen:

- Mejor aplicación de los códigos de energía en la construcción;
- Adoptar un diseño de HVAC eficiente y esquemas de ventilación adecuados;
- Adoptar sistemas de iluminación energéticamente eficientes y características de diseño pasivo, como orientación solar óptima, concentración térmica, dispositivos de sombreado y controles de iluminación natural; y
- Implementar sistemas de gestión de energía inteligente, como monitoreo digital de HVAC, iluminación y cargas de enchufes para lograr una eficiencia continua.

Las políticas para apoyar nuevas construcciones de alto rendimiento incluyen:

- Ofrecer bonificaciones de densidad o agilizar los permisos para que los desarrolladores construyan viviendas de alto rendimiento; y
- Proponer una legislación que requiera que todos los proyectos de construcción municipales adopten LEED o estándares de construcción de alto rendimiento equivalentes; alinear estos requisitos con el mandato de la Comisión de Construcción de Instalaciones de Ohio (OFCC) para los edificios de escuelas públicas.

7.3.4.4. Construcción con bajas emisiones de carbono incorporadas

Reducir la energía incorporada en los edificios es fundamental para alcanzar objetivos de descarbonización profunda, y varias estrategias y tecnologías pueden respaldar este esfuerzo. Un enfoque clave es la sustitución de materiales, que implica el uso de alternativas con menores emisiones, como madera en masa, hormigón con bajo contenido de carbono, madera de origen sostenible y acero reciclado. Además, la integración de herramientas de ACV en el proceso de diseño permite a los arquitectos e ingenieros evaluar el PCG de diferentes materiales y tomar decisiones informadas que prioricen el desempeño ambiental. Otra estrategia eficaz es la adopción de técnicas de construcción modulares y prefabricadas, que agilizan los procesos de fabricación y montaje en obra. Estos métodos reducen significativamente el desperdicio de material y la energía incorporada al permitir una fabricación más precisa y menos perturbaciones en el sitio.

Las políticas para apoyar la construcción con bajas emisiones de carbono incluyen:

- Fomentar normas de adquisición que exijan declaraciones ambientales de producto (DAP);
- Ofrecer incentivos para el uso de materiales de bajo consumo energético y regionales (dentro de un radio de 800 kilómetros) en la construcción de edificios;
- Objetivos piloto de construcción de bajo consumo energético incorporado para viviendas públicas y proyectos de demostración; y
- Integración de métricas de carbono incorporado en los marcos regionales de contabilidad del carbono.

7.3.4.5. Edificios interactivos con la red y flexibilidad de la demanda

Las tecnologías inteligentes en los edificios son cruciales para mejorar la eficiencia energética y la confiabilidad de la red. Los termostatos inteligentes y los controladores de carga ayudan a reducir la demanda máxima a través de ajustes en el uso de energía durante períodos de alto estrés en la red y pueden programarse para alinear el consumo con la disponibilidad de fuentes de energía renovables. La adopción de sensores inteligentes en edificios residenciales y comerciales favorece el monitoreo en tiempo real y una gestión energética más ágil. Además, la integración de edificios y redes (BGI) permite que las estructuras funcionen como cargas flexibles a través de sistemas automatizados de respuesta energética. Esto permite que los edificios ajusten su consumo de energía dinámicamente en función de las condiciones de la red. En conjunto, estas tecnologías mejoran el rendimiento energético, reducen las emisiones y mejoran la resiliencia del sistema eléctrico.

Las políticas para apoyar los edificios interactivos con la red y exigir flexibilidad incluyen:

- Colaborar con las empresas de servicios públicos para poner a prueba programas de respuesta a la demanda para edificios residenciales y defender las políticas del estado de Ohio que permitan a las empresas de servicios públicos propiedad de inversores participar y ampliar activamente dichos programas;
- Asociarse con empresas de servicios públicos para poner a prueba programas de respuesta a la demanda residencial, siempre que el Estado de Ohio habilite marcos regulatorios que permitan a las empresas de servicios públicos propiedad de inversores participar y ampliar estas iniciativas de manera efectiva;
- Incluir estructuras de precios según el horario de uso (TOU) que recompensen el uso de energía fuera de horas punta para los usuarios con mayores ingresos;
- Apoyar la implementación de medidores inteligentes y el acceso a datos de energía en tiempo real;
- Promover el desarrollo y la implementación de VPP para agregar recursos energéticos distribuidos, mejorar la confiabilidad de la red, facilitar la integración de energías renovables y reducir las emisiones.

7.3.4.6. Opciones para financiar medidas energéticas residenciales y comerciales

Existen muchas estrategias creativas para financiar medidas de reducción de GEI en este sector que reducen la dependencia del MSA de fuentes de financiación impredecibles del gobierno estatal y federal. Estos incluyen:

- Establecer asociaciones público-privadas con empresas de servicios públicos locales, instituciones importantes e inversores filantrópicos en las regiones;
- Ampliar la emisión de bonos verdes;
- Continuar buscando subvenciones que beneficien a las comunidades marginadas de la región;
- Integrar la inversión en energía limpia con los planes de acción regionales y del condado del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria;
- Colaborar con NOACA y las juntas de desarrollo regional;

- Enmarcar los proyectos verdes como iniciativas de desarrollo económico;
- Crear fondos de demostración para sistemas de energía solar en azoteas de escuelas e iniciativas de desarrollo de la fuerza laboral; y
- Ampliar la disponibilidad y la adopción de financiamiento para Energía Limpia Evaluada por Propiedad (PACE) y PACE Comercial (C-PACE).

7.3.5. Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del energético residencial y comercial

En la **tabla 25** se describen los costos y beneficios, incluso para las comunidades LIDAC, de las medidas de reducción de emisiones en el sector de energía residencial y comercial.

Tabla 25: Análisis de costo-beneficio de las medidas del sector energético residencial y comercial

Categoría de medida	Nombre de la medida	Costo-Beneficio	Beneficios de LIDAC
Modernizaciones de eficiencia energética	Rehabilitación de viviendas de 30 años o más (3 escenarios)	El costo total de la implementación completa de la medida para el año 2050 es de 8.550 millones de dólares, con un ahorro anual total de 161,5 millones de dólares, lo que resulta en un período de recuperación de aproximadamente 53 años.	Reducción de facturas energéticas y mejora del confort y la salud en los espacios residenciales. Aumento del coste de alquilar o ser propietario de una vivienda y gentrificación
	Electrificación de sistemas de edificios inteligentes	El costo total de la medida para 2050 es de 5.950 millones de dólares, mientras que el ahorro anual es de 262 millones de dólares, lo que resulta en un período de recuperación de aproximadamente 23 años.	Reducción de facturas energéticas y mejora del confort y la salud en los espacios residenciales. Aumento del coste de alquilar o ser propietario de una vivienda y gentrificación
	Programas de incentivos	Se estima que el costo total de la medida para 2050 será de 6.000 millones de dólares, mientras que se espera que el ahorro anual sea de entre 700 y 1100 millones de dólares, lo que resultará en un período de recuperación de aproximadamente 7 años.	Reducir la carga energética, mejorar la calidad del aire interior, el confort térmico y la salud.
Nueva construcción de alto rendimiento	Mejorar la eficiencia energética en viviendas nuevas y edificios comerciales mediante códigos e incentivos.	El costo total de la medida (implementación y cumplimiento) para 2050 es de \$273,55 millones, con un ahorro anual de \$55 millones y un período de recuperación de cinco años.	Esto podría resultar en un mejor parque de viviendas para el futuro, junto con una mejor comodidad y salud de los ocupantes. Sin embargo, es fundamental considerar que, si dichas construcciones ocurren en áreas LIDAC, estos edificios pueden aumentar el valor de las propiedades y los alquileres, dando lugar a la gentrificación.

Categoría de medida	Nombre de la medida	Costo-Beneficio	Beneficios de LIDAC
	Sistemas de gestión inteligente de la energía	El costo total de la implementación completa en 70 millones de pies cuadrados de edificios nuevos y 85 millones de pies cuadrados de edificios comerciales renovados para 2050 es de \$391,75 millones, y el ahorro anual esperado es de \$6,3 millones, con un período de recuperación de 62 años.	Mejora del ahorro energético, la calidad del aire interior y la salud. Aumente la resiliencia reduciendo la dependencia de la red. Sin embargo, esto puede ser costoso y puede aumentar el riesgo de gentrificación. La brecha digital y la falta de alfabetización tecnológica pueden ser barreras potenciales.
Construcción con bajas emisiones de carbono incorporadas	Sustitución de materiales	El costo total del despliegue completo del programa para 2050 es de 1.250 millones de dólares, y los ahorros anuales esperados, impulsados principalmente por el SCC, son de 4,2 millones de dólares.	Mejor calidad de las viviendas, menores costos de los servicios públicos, menor dependencia de las incertidumbres del comercio internacional para la construcción, mejor salud de los ocupantes de los edificios y mayor resiliencia de los edificios.
	Construcción modular y prefabricada	El costo total de la aplicación completa del programa para el año 2050 es de 87.750 millones de dólares, y el ahorro anual esperado (operacional y SCC) es de 745.560 dólares.	Mayor asequibilidad de las viviendas, mejor salud y comodidad en interiores, facturas de servicios públicos más bajas, empleos locales y resiliencia climática.
Edificios interactivos con la red y flexibilidad de la demanda	Controles inteligentes automatizados y carga flexible local	El costo total de la aplicación completa del programa para el año 2050 es de 70,1 millones de dólares, y el ahorro anual esperado (operacional y SCC) es de 15,75 millones de dólares, con un período de recuperación de aproximadamente 5 años.	Reducir la carga energética de los hogares vulnerables, reducir los apagones en zonas desfavorecidas y explorar oportunidades potenciales para la creación de empleo local en instalaciones de equipos y sistemas de tecnología inteligente, así como en la administración y gestión de programas de reducción energética.
	Respuesta a la demanda y modelado de carga coordinados por la red	El costo inicial acumulado del programa para 2050 es de 1.100 millones de dólares, y los ahorros anuales esperados (operativos y de SCC) son de 40 millones de dólares, con un período de recuperación de aproximadamente 28 años.	Mejora de la calidad de la red debido a la reducción de la demanda de las instalaciones industriales
Total del sector		Costo total: \$122,8 mil millones	Ahorro total: 90 mil millones de dólares

7.3.6. Análisis de la fuerza laboral de las medidas de reducción de emisiones del energético residencial y comercial

Los sectores de construcción residencial y comercial descarbonizados del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria influirán significativamente en los mercados laborales locales y en las oportunidades de empleo.

Oportunidades de empleo y creación de empleo: El Instituto de Investigación de Economía Política (PERI) de la Universidad de Massachusetts-Amherst proyecta que un programa de inversión en energía limpia en Ohio, valuado en 21 mil millones de dólares anuales durante una década, podría generar alrededor de 165.000 empleos por año.¹³⁴ Esto incluye inversiones en eficiencia energética, energía renovable e infraestructura relacionada. Además, las inversiones en manufactura, infraestructura, restauración de tierras y agricultura podrían crear otros 70.000 empleos al año en todo el estado. Las estrategias de descarbonización, como la modernización energética de edificios, la instalación de bombas de calor y unidades DOAS, la integración de sistemas solares fotovoltaicos y el análisis avanzado de edificios, requerirán una fuerza laboral diversa y especializada. Estos incluyen técnicos de HVAC, electricistas, especialistas en aislamiento, auditores de energía e inspectores de edificios.

Abordar la escasez de mano de obra: La actual escasez de mano de obra calificada en los sectores de la construcción y la energía es un motivo de preocupación. Se pronostica que los empleos de técnicos mecánicos y trabajadores de la construcción crecerán un 4 % anual entre 2022 y 2032, lo que ilustra la necesidad de iniciativas específicas de expansión de la fuerza laboral en el MSA.¹³⁵ El énfasis en las prácticas de construcción energéticamente eficientes y en las nuevas técnicas de construcción presenta una oportunidad para atraer, educar y retener mano de obra calificada a través de programas dedicados al desarrollo de la fuerza laboral.

Funcionarios del código de construcción: Existe una necesidad crítica de ampliar la fuerza laboral de funcionarios del código de construcción en línea con la creciente demanda de cumplimiento del código energético. El Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción y el Consejo Internacional de Códigos anticipan una tasa de jubilación de aproximadamente el 80% de los funcionarios de códigos existentes para 2030, lo que sugiere una necesidad urgente de establecer de manera proactiva programas educativos y de inspección sólidos para capacitar a la próxima generación de inspectores de construcción y funcionarios de códigos.¹³⁶

Desarrollo justo de la fuerza laboral: Los esfuerzos de descarbonización deben involucrar a las comunidades históricamente subrepresentadas para garantizar un acceso equitativo a la capacitación y las oportunidades laborales. Esta inclusión debe abordar las disparidades socioeconómicas para garantizar una participación económica más amplia en la transición hacia una economía energética sostenible. Las asociaciones apalancadas con organizaciones comunitarias, grupos religiosos y asociaciones comerciales locales pueden mejorar la inclusión de los programas laborales, promoviendo así la equidad económica en

toda la región de los cinco condados.

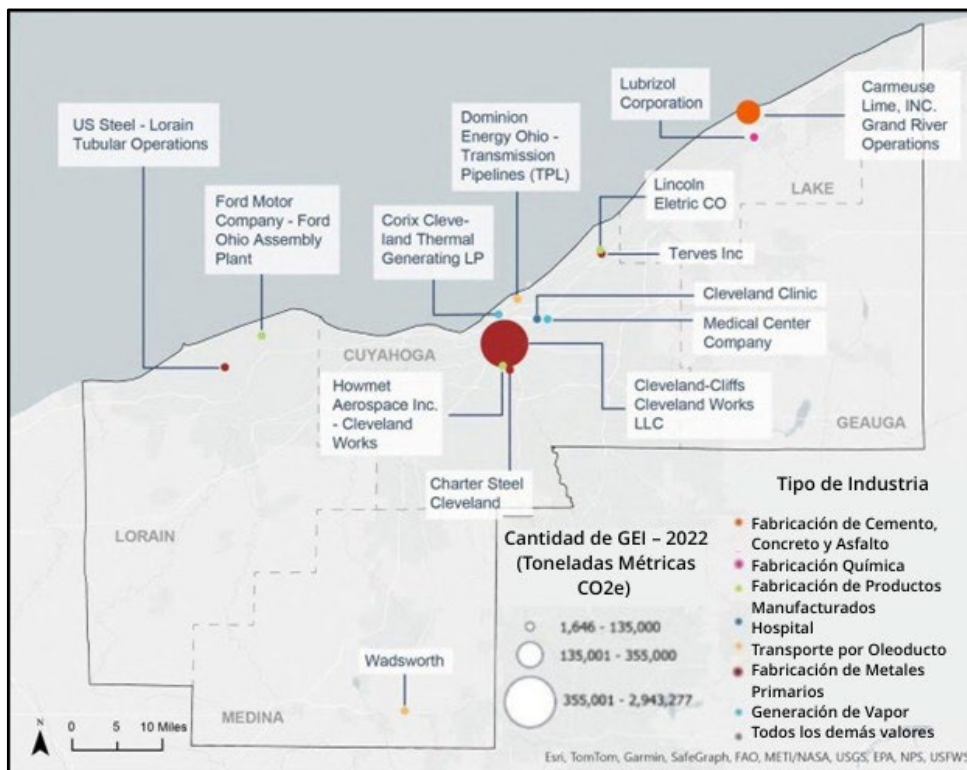
7.4. Sector de Energía Industrial e IPPU

La descarbonización del sector industrial es crucial para alcanzar los objetivos de cero emisiones netas en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria; la industria representó el 22 % de las emisiones. En esta sección se describen estrategias y políticas viables para descarbonizar la industria, centrándose en ocho de los emisores puntuales más comunes en los cinco condados: fabricación de metales primarios, fabricación de cemento, hormigón y asfalto, fabricación, transporte por tuberías, fabricación de productos químicos y plásticos, generación de vapor, hospitales y fabricación de papel.

7.4.1. Contexto de MSA

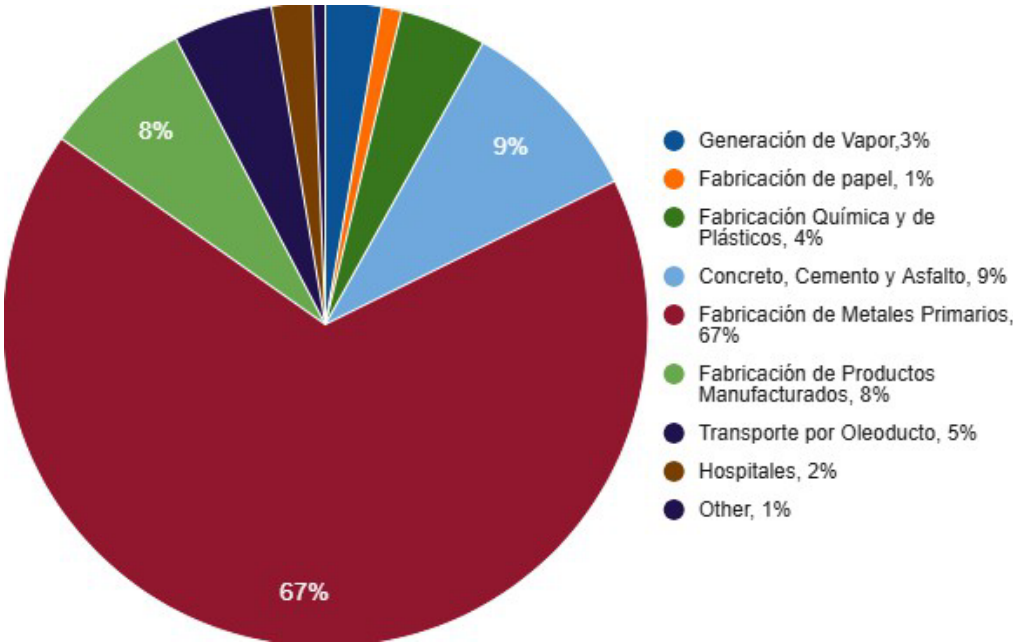
Si bien se encuentran emisiones industriales en cada uno de los cinco condados, la distribución de esas emisiones no es igual para cada condado. Durante 2022, el condado de Cuyahoga produjo más de cinco veces más emisiones industriales que los demás condados, ya que alberga una mayor cantidad de fabricantes y el mayor emisor único de la región, la planta de acero integrada Cleveland Works de Cleveland-Cliffs. Sin embargo, los condados de Geauga, Lake, Lorain y Medina también tienen muchas industrias con oportunidades de descarbonización. La **figura 24**, a continuación, muestra los grandes emisores industriales de la región. El color representa diferentes tipos de industrias y el tamaño del círculo muestra la cantidad relativa de emisiones.¹³⁷

Figura 24: Grandes emisores industriales en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria



Los procesos industriales varían ampliamente y las soluciones de descarbonización para una industria específica pueden no ser viables o relevantes para otros subsectores. Esta sección se centra en ocho subsectores principales de la región, según los códigos del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) para cada instalación.¹³⁸ La **figura 25** desglosa las emisiones por subsector industrial en el MSA. Casi el 98% de las emisiones industriales del condado de Cuyahoga provienen de la fabricación de metales primarios o de la industria del hierro y el acero. En el condado de Geauga, el 71% de las emisiones industriales se deben a la fabricación de muebles. Otra fuente importante (29%) en el condado de Geauga proviene de la fabricación de cemento, hormigón y asfalto. En el condado de Lake, la fabricación de cemento, hormigón y asfalto produjo el 71% de las emisiones industriales, mientras que la fabricación de productos químicos y plásticos y la fabricación de productos de papel representaron el 19% y el 10%, respectivamente.¹³⁹ El condado de Lorain tiene cuatro grandes subsectores: fabricación de productos manufacturados (38%); fabricación de metales primarios (28%); fabricación de productos químicos y plásticos (28%); y fabricación de cemento, hormigón y asfalto (6%). Las emisiones industriales en el condado de Medina se deben principalmente a los oleoductos. emisiones del transporte (80%) y de la fabricación de cemento, hormigón y asfalto (18%).

Figura 25: Emisiones industriales por subsector para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria



7.4.2. Desafíos y obstáculos para la descarbonización industrial

Existen muchos desafíos para descarbonizar la industria en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria, en particular el hecho de que no existe una única estrategia o tecnología que pueda descarbonizar todas las industrias. Las fuentes de emisiones dentro de la industria varían según el subsector e incluso según la

instalación, y son necesarias soluciones adaptadas a cada caso. Otro desafío clave surge del financiamiento, ya que puede ser difícil justificar inversiones intensivas en capital en industrias con márgenes de ganancia pequeños. Además, muchas tecnologías (por ejemplo, la captura de carbono y las tecnologías de fabricación de acero ecológico) aún no se han demostrado a escala comercial, lo que aumenta el riesgo de inversión.

Además, muchas estrategias dependen de una infraestructura que no está bajo el control de la industria. Para electrificar los procesos de calefacción es necesaria una red eléctrica resiliente, robusta y descarbonizada. Para cambiar las materias primas o incentivar la captura de carbono se necesita una infraestructura confiable de transporte y almacenamiento de hidrógeno y CO₂. Finalmente, la mayor barrera en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria es la necesidad de equilibrar entre la regulación y el mantenimiento de la economía local. Esta sección destaca las oportunidades existentes para ayudar a las industrias en la descarbonización y recomienda una estrategia de evaluación comparativa que aliente a las industrias locales a descarbonizarse.

7.4.3. Historias de éxito y oportunidades locales

Muchas industrias en Cleveland han tomado medidas reales hacia la sostenibilidad real. La planta de tratamiento de aguas residuales aceitosas de Cleveland-Cliffs emplea electrocoagulación (EC) por floculación química (CF) para tratar las aguas residuales aceitosas antes de su liberación. Estos procesos suponen importantes ahorros de costes y beneficios medioambientales.¹⁴⁰ Durante 2023, la intensidad de las emisiones del acero producido en las acerías integradas de Cleveland-Cliffs disminuyó a 1,54 MTCO₂e por tonelada, una reducción del 15 % con respecto a 2020. Esta cifra es un 28% inferior al promedio de la industria.¹⁴¹ Lubrizol, con sede en Wickliffe, está comprometida con la ingeniería química sustentable. La empresa ha reducido sus emisiones de GEI de alcance 1 y 2 en un 21%, tiene 13 plantas que utilizan electricidad 100% libre de carbono y ha reducido sus residuos a vertederos en un 25%.¹⁴²



Cleveland Works, Fuente: Ciudad de Cleveland

La Clínica Cleveland, el mayor empleador del MSA, también ha invertido en sostenibilidad. Su programa “Green the OR” se centra en dos áreas clave: eficiencia energética y reducción/reciclaje de residuos. La Clínica ha establecido sistemas de climatización que reducen las tasas de intercambio de aire, ha adoptado iluminación LED y ha apagado manualmente los recursos al final del día para ahorrar más de 100 millones de dólares desde 2010. El hospital también minimiza las herramientas de un solo uso, utiliza contenedores de esterilización rígidos y prueba una nueva tecnología para capturar y reutilizar los gases anestésicos

residuales.¹⁴³ Estas historias de éxito locales demuestran que las industrias del MSA están dispuestas a invertir

en estrategias de descarbonización, especialmente cuando promueven ahorros de energía y materiales para esa industria.

7.4.4. Las medidas de reducción de emisiones del sector de energía industrial e IPPU

Las siguientes secciones describen un conjunto completo de medidas de reducción de emisiones de los sectores de Energía Industrial e IPPU, que ayudarán al Área Metropolitana de Cleveland-Elyria a lograr un progreso inmediato y sostenido hacia sus objetivos de reducción de GEI a corto y largo plazo. Estas medidas corresponden en gran medida a la medida de producción de acero verde del PCAP; sin embargo, esta sección se basa en esa medida prioritaria con un conjunto más completo de medidas para descarbonizar este sector en el largo plazo. Si bien la producción de acero es la mayor fuente de GEI de la industria en el MSA, solo representa dos tercios de las emisiones; por lo tanto, el CCAP agrega medidas que también abordan el tercio restante de GEI industriales.

Hay siete estrategias generales para descarbonizar la industria, basadas en parte en la *Hoja de ruta de descarbonización industrial* del Departamento de Energía de Estados Unidos (US DOE).¹⁴⁴ Esas estrategias son: Eficiencia energética, eficiencia de procesos y materiales, electrificación, combustibles alternativos, energía renovable, captura, utilización y secuestro de carbono (CCUS) y apoyo a nuevas industrias. El DAC es otra solución regional que puede complementar estas medidas.¹⁴⁵

7.4.4.1. Eficiencia energética industrial

Más allá de los beneficios de la descarbonización derivados de un menor uso de recursos energéticos, la eficiencia energética ahorra dinero y reduce el desperdicio. Si bien la aplicación específica de los métodos de eficiencia energética varía según los subsectores, las medidas incluyen auditorías energéticas, sistemas de monitoreo energético, equipos energéticamente eficientes, procesos automatizados, sistemas combinados de calor y energía y sistemas de recuperación de calor residual o vapor.

Auditorías Energéticas: Las auditorías energéticas establecen una línea de base para el consumo de energía en una instalación y pueden identificar oportunidades específicas de ahorro de energía en equipos, actualizaciones o procesos existentes. Los Centros de Evaluación Industrial (IAC) financiados por el DOE ofrecen auditorías energéticas gratuitas y subvenciones para la implementación de eficiencia energética para fabricantes pequeños y medianos.¹⁴⁶ Las auditorías energéticas con ENERGY STAR o las IAC del Departamento de Energía de los EE. UU. pueden brindar oportunidades más específicas de eficiencia energética para la instalación específica, incluida la escalabilidad de los equipos para procesar tamaños. En ocasiones, las instalaciones están sobrediseñadas para su proceso. Motores, bombas, ventiladores, etc., adecuadamente dimensionados para el proceso podrían ahorrar hasta un 15% de electricidad.¹⁴⁷ El Departamento de Energía de EE. UU. también ofrece su Programa Mejores Plantas para conectar a socios industriales con gerentes de cuentas técnicas en laboratorios nacionales. Estos gestores pueden asesorar sobre estrategias de eficiencia energética y descarbonización que mejor se adapten a la instalación.¹⁴⁸

Sistemas de Monitoreo: Los sistemas de monitorización energética en edificios industriales o a lo largo de procesos clave proporcionan actualizaciones en tiempo real del uso de energía e identifican el desperdicio de energía y las ineficiencias del proceso, lo que genera ahorros de energía de entre el 5 y el 10 %.¹⁴⁹ Los equipos de monitoreo digital brindan actualizaciones en tiempo real sobre el consumo de energía y pueden brindar información para optimizar la configuración. Esto permite una mejor gestión energética, consistencia en las operaciones y reducción del consumo energético.¹⁵⁰

Equipos de eficiencia energética: Los equipos energéticamente eficientes dependen del subsector industrial (ver Apéndice A), pero en promedio, los motores, bombas, motores de accionamiento variable, refrigeradores y hornos de alta eficiencia y otros equipos de alta eficiencia energéticamente eficientes pueden reducir el consumo de energía entre un 10 y un 20%.¹⁵¹

Automatización: Los apagados automáticos cuando el equipo no está en uso reducen las emisiones derivadas del consumo de energía en reposo y pueden reducir el consumo de electricidad entre un 5 y un 10 %.¹⁵² La programación inteligente para programar horarios de encendido y apagado para áreas del hospital u otras instalaciones que funcionan de manera constante, que no necesitan estar funcionando continuamente (por ejemplo, quirófanos), reduce el consumo de energía al apagar el sistema HVAC, la iluminación y los equipos no críticos durante los horarios de baja demanda. Esto puede ahorrar hasta un 10% del consumo de energía.¹⁵³

CHP: Los sistemas de cogeneración podrían implementarse en instalaciones que necesitan calefacción de procesos, así como generación de electricidad en el sitio. Pueden capturar y utilizar el calor residual, reducir la necesidad de combustibles para los procesos de calefacción y mejorar la utilización de la energía entre un 20 y un 30%.¹⁵⁴ Esto reduciría las emisiones derivadas del uso de electricidad para alimentar bombas, motores y otros equipos eléctricos.

Sistemas de recuperación de calor residual: Según el Departamento de Energía, entre el 20 y el 50% del consumo energético industrial se pierde en forma de calor residual.¹⁵⁵ La incorporación de sistemas de recuperación de calor a los procesos podría recuperar cantidades significativas de calor residual que pueden reintroducirse en el sistema de calefacción original, utilizarse en otros procesos o emplearse en sistemas combinados de calor y energía.¹⁵⁶ Los sistemas de recuperación de calor residual que recuperan calor de los hornos, procesos de mecanizado y forjado se pueden reutilizar para precalentar el metal o en otras partes de las instalaciones. Esto reduce la demanda de energía entre un 20 y un 30%.¹⁵⁷ Como alternativa, el aislamiento de las líneas de proceso de calentamiento (líneas de gas, tuberías de vapor y sistemas de transporte de metal fundido) evita la pérdida de calor en primer lugar y mejora la eficiencia de calentamiento, lo que genera reducciones de entre el 5 y el 10 % en la energía de calentamiento.¹⁵⁸

7.4.4.2. Eficiencia de procesos y materiales

La eficiencia de los procesos y los materiales reduce el consumo de energía y materias primas mediante un mejor diseño de procesos y las mejores prácticas. Las soluciones varían según el subsector, pero hay cuatro técnicas que pueden ser relevantes para cada industria: cadenas de suministro más cortas, materiales reciclados, automatización y cambios de procesos.

Acortar las cadenas de suministro: Las industrias deberían buscar oportunidades para obtener materiales localmente y acortar las cadenas de suministro. Esto también minimizaría las interrupciones en la cadena de suministro y podría reducir las emisiones del transporte industrial en un 60%.¹⁵⁹

Materiales reciclables: En lugar de diseñar productos para un solo uso en marcos de desarrollo integral, todas las industrias deberían considerar el posible uso secundario de sus productos. Las industrias deberían diseñarlas en un marco de cuna a cuna (es decir, identificar oportunidades para reciclar materiales dentro de su propia industria o establecer asociaciones con otras industrias).¹⁶⁰ Los tambores y otros contenedores de un solo uso reciclados pueden reducir los residuos y los costos asociados, así como la demanda de materia prima.¹⁶¹ El agua reciclada reduce la demanda de energía derivada del bombeo de agua nueva hacia y desde el exterior y reduce la cantidad de aguas residuales aceitosas tratadas que se liberan en las cuencas hidrográficas locales.¹⁶² Los sistemas internos de captura y reciclaje de gases, especialmente en industrias con gases de alto potencial de calentamiento global (PCA), minimizarán las cantidades de flujos de gas fresco y reducirán las emisiones fugitivas.¹⁶³ Los sistemas de reciclaje de circuito cerrado in situ para reutilizar los desechos producidos en los procesos de fabricación pueden reducir la cantidad de materias primas necesarias y reducir las emisiones entre un 10 y un 15 %.¹⁶⁴

Automatización: La gestión manual del inventario es ineficiente. La optimización automatizada del almacenamiento y del inventario con inteligencia artificial puede mejorar la utilización del espacio y reducir el consumo de energía entre un 10 y un 15 %.¹⁶⁵ La automatización puede optimizar los flujos de trabajo: mayor eficiencia, uso optimizado de materiales y minimización de desechos, lo que reduce el uso de energía entre un 5 y un 10 %.¹⁶⁶ Los sensores inteligentes ofrecen monitoreo en tiempo real del consumo de energía, fugas de gas u otras ineficiencias en cada etapa de producción, lo que puede reducir el consumo de energía entre un 3 y un 7 % y al mismo tiempo mejorar la seguridad.¹⁶⁷

Cambios de proceso: Existen muchas oportunidades para reducir el consumo de energía y materiales mediante el rediseño de procesos, técnicas innovadoras o el cambio a materiales de origen biológico o menos dañinos para el medio ambiente. Muchos procesos pueden recibir una evaluación de su consumo de calor a través de una auditoría energética. Algunos procesos pueden necesitar un volumen o temperatura de vapor menor que el suministrado actualmente. Es importante determinar si existen cambios en el proceso, oportunidades para rediseñar procesos o configuraciones de equipos existentes para reducir la demanda de vapor que puedan reducir el consumo de combustible.¹⁶⁸

La adopción de medidas de aligeramiento, que implica rediseñar productos para utilizar menos material manteniendo su resistencia, puede conducir a una reducción del 5 al 15 % en el consumo de energía en el procesamiento de materiales, como la forja.¹⁶⁹

La fabricación aditiva puede no ser adecuada para todas las aplicaciones de fabricación de metal, pero es un proceso que imprime en 3D componentes metálicos, reduce el uso de material hasta en un 50% y disminuye las emisiones de calor.¹⁷⁰ La fundición de losas delgadas de acero implica verter capas más delgadas de acero en lugar de laminar losas más gruesas. Este proceso, si bien requiere importantes mejoras en las instalaciones por alrededor de 50 millones de dólares, podría generar ahorros de energía de hasta un 75%.¹⁷¹

También existen oportunidades para cambiar el tipo de material utilizado, desde materiales de alto consumo energético o de alto potencial de calentamiento global (GWP) a alternativas relevantes. Algunos anestésicos inhalados tienen un GWP elevado.¹⁷² Los anestésicos con menor PCA (por ejemplo, sevoflurano) y una política de anestesia regional cuando sea apropiado, seguida de anestesia intravenosa cuando sea posible, reducirán las emisiones entre un 5 y un 10 %.¹⁷³

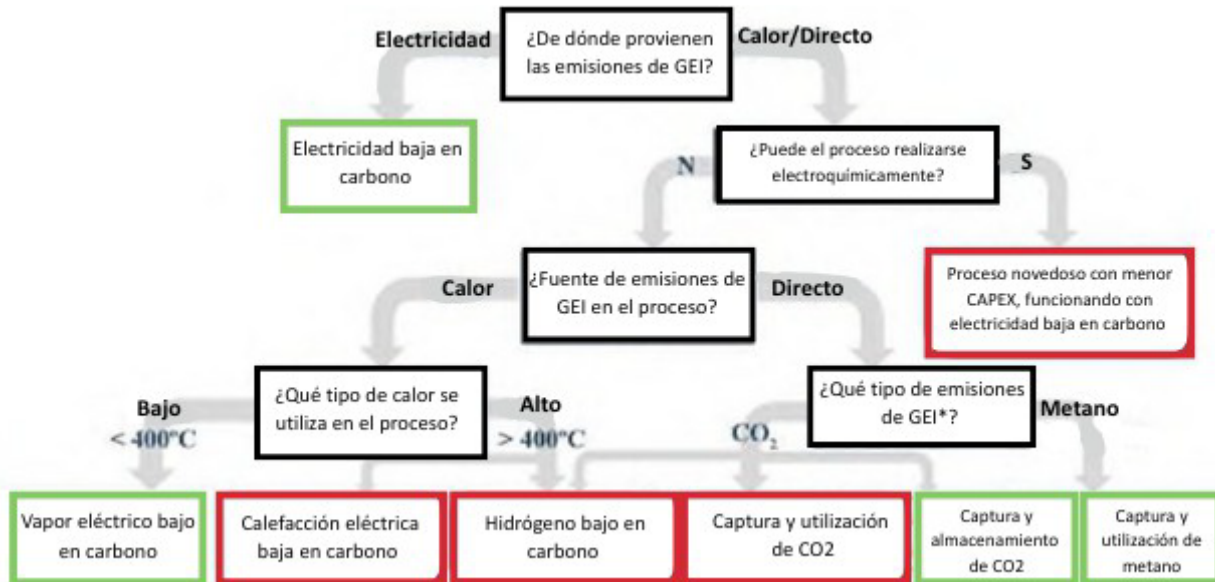
Por último, el clínker, un componente clave del cemento, se fabrica actualmente calentando piedra caliza y otras materias primas a altas temperaturas en un horno (calcinación). Reducir el contenido de clínker en el cemento disminuiría la cantidad de energía necesaria en este proceso de calentamiento. El clínker podría sustituirse por materiales como cenizas volantes, escoria o arcilla calcinada. Esto podría reducir las emisiones debidas a la fabricación de cemento en el mismo porcentaje que las del clínker.¹⁷⁴

7.4.4.3. Electrificación industrial

La electrificación significa una transición hacia versiones eléctricas de los procesos actuales. Hay dos oportunidades centrales para electrificar la industria: el calentamiento de procesos y los accionamientos de máquinas. El programa de Procesos Electrificados para una Industria sin Carbono (EPIX) del Departamento de Energía de EE. UU. apoya proyectos innovadores que tienen como objetivo electrificar la calefacción de procesos.¹⁷⁵

Calor de proceso: El calor de proceso es la mayor fuente de consumo de energía industrial. Ya sea que provenga de calderas, hornos o cámaras de incineración, la industria necesita calor. Actualmente, existen calderas eléctricas y bombas de calor disponibles comercialmente que pueden reemplazar los sistemas de calefacción basados en combustibles fósiles utilizados para procesos de baja temperatura (<150 °C). Esto puede reducir las emisiones entre un 45 y un 70 por ciento.¹⁷⁶ Sin embargo, los procesos de alta temperatura requieren más tiempo para su desarrollo e implementación. Para 2050, el almacenamiento térmico, las bombas de calor multiproceso, las calderas eléctricas, el calentamiento resistivo, el calentamiento inductivo y el calentamiento por microondas también serán comercialmente viables para procesos de mayor temperatura.¹⁷⁷ La figura 26 (arriba) muestra un árbol de decisiones para determinar si es posible electrificar el proceso de calentamiento. Esta figura resalta la distinción entre si el proceso quema combustibles fósiles para calefacción o si el proceso en sí mismo produce GEI.

Figura 26: Árbol de toma de decisiones sobre electrificación



Calor electrificante en el proceso de fabricación de acero: Hay importantes oportunidades de electrificación en las instalaciones de Cleveland Works de Cleveland-Cliffs. Los hornos de arco eléctrico (EAF) ya son viables para la fabricación secundaria de acero. Sin embargo, debido a la naturaleza del acero que produce Cleveland Works, los hornos de arco eléctrico no pueden reemplazar por completo el sistema existente de horno de oxígeno básico-alto horno (BF-BOF). En cambio, Cliffs puede invertir en una combinación de hierro de reducción directa (DRI) y EAF. En el corto a mediano plazo, Cliffs podría cambiar el BF #6 en sus instalaciones de Cleveland Works de BF-BOF a DRI de gas natural. En 2020, Cliffs inauguró su nueva planta DRI en Toledo, que utiliza gas natural para reducir el óxido de hierro y calentar el proceso de fabricación de hierro.¹⁷⁸ Este proceso reduce significativamente los GEI y las emisiones de contaminantes atmosféricos en comparación con la fabricación de acero a partir de coque. Este enfoque también sienta las bases para una descarbonización completa en el futuro. Cliffs construyó la planta Toledo DR para que funcione con una mezcla de 30 % de hidrógeno y 70 % de gas natural en cualquier momento, y puede convertir esta mezcla a 70 % de hidrógeno con actualizaciones mínimas.¹⁷⁹

El DRI basado en hidrógeno (H₂ DRI) probablemente ofrece la mejor vía hacia la producción neta cero de acero en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. Este proceso se utiliza actualmente en Suecia con una tecnología llamada HYBRIT (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology/Tecnología innovadora de fabricación de hierro con hidrógeno), y Volvo prueba el acero para fines automotrices.¹⁸⁰ En la actualidad, no tiene sentido comercial cambiar a H₂ DRI, dado el alto costo inicial de construcción y el precio premium del H₂ verde.¹⁸¹ Este sistema, que ofrece un camino hacia la descarbonización, debería ser comercialmente viable para reemplazar ambos BF-BOF en Cleveland Works cuando llegue el momento de revestir el BF #5 en 2042.¹⁸² Cliffs ya ha llevado a cabo con éxito tres pruebas de inyección de hidrógeno en sus altos hornos y ha invertido en un conducto de hidrógeno en su alto horno número siete de Indiana Harbor.¹⁸³ La compañía también ha dicho anteriormente que espera convertir las instalaciones de Cleveland Works de coque a hidrógeno.¹⁸⁴

Los actores del sector público y de los grandes sectores privados pueden apoyar la transición hacia una producción de acero con cero emisiones firmando acuerdos para comprar acero verde en el corto y mediano plazo para ayudar a superar su costo adicional y facilitar el camino hacia la comercialización total. Si bien el acero verde actualmente cuesta más que el acero tradicional, BloombergNEF estima que podría costar un 5% menos para 2050.¹⁸⁵

Si Cliffs decide no convertir Cleveland Works a DRI debido a la falta de H₂ verde, podría cambiar a electrólisis de óxido fundido (MOE) en 2050.¹⁸⁶ Boston Metal desarrolló este sistema para utilizar electricidad para producir acero directamente a partir de mineral de hierro mediante un proceso de un solo paso y sin emisiones de carbono. Debido a que depende de electricidad, elimina la necesidad de producción, transporte y almacenamiento de H₂ en el sitio y puede utilizar calidades inferiores de mineral de hierro que las que puede utilizar el DRI. Boston Metal abrirá una planta de demostración en 2026 para demostrar la viabilidad comercial de la tecnología. Si bien esta tecnología es más simple y directa, en teoría, aún faltan décadas para su comercialización y es posible que no sea viable para cumplir el objetivo de cero emisiones netas de MSA para 2050.

Accionamientos de la máquina: La industria también utiliza combustibles fósiles para operar maquinaria de compresión, molienda, fresado o presurización. Las alternativas eléctricas consumen menos energía que los sistemas tradicionales y podrían conducir a reducciones de emisiones de al menos el 10%.¹⁸⁷

7.4.4.4. Combustibles alternativos

La electrificación no puede servir como sustituto cuando se utilizan combustibles fósiles para el propio proceso industrial; los combustibles alternativos son un factor a considerar. Algunos procesos de anodizado y recubrimiento pueden requerir un secado rápido a alta temperatura, que los sistemas eléctricos no pueden reemplazar por completo. Este sería un caso en el que el secado con hidrógeno sería útil.¹⁸⁸ La fabricación de productos químicos utiliza combustibles fósiles como materia prima para reacciones químicas. Estos son casos en los que la electrificación no puede sustituir la reacción química que está teniendo lugar. Se pueden utilizar como materias primas alternativas como el H₂ verde, la biomasa, los residuos de consumo o los residuos de fabricación.¹⁸⁹

La DRI con H₂ y los hornos de arco eléctrico pueden descarbonizar la producción integrada de acero. Esta sería una inversión enorme, ya que requeriría producción de H₂ en el sitio (50 kg de H₂ por tonelada de acero) o transporte por camión o tubería. Sin embargo, el DRI utiliza un 39% menos de energía que un alto horno, por lo que además de la reducción directa de CO₂, habría ahorros de energía adicionales asociados con el cambio.¹⁹⁰ Cliffs podría comenzar esta conversión de DRI ahora, ya que la transición del coque al DRI de gas natural puede proporcionar un puente hacia la producción total de acero ecológico, como se señaló anteriormente.

7.4.4.5. Captura, Utilización y Secuestro de Carbono (CCUS)

Es posible capturar CO₂ desde una fuente puntual (por ejemplo, una chimenea) o directamente del aire. Luego se podría utilizar o secuestrar permanentemente este carbono. En esta sección se describen las oportunidades para la captura de fuentes puntuales y se destaca la necesidad de contar con una instalación

de captura directa de aire (DAC) dentro de la región para alcanzar los objetivos de cero emisiones netas.

Captura de puntos: Debido a que ciertos procesos industriales, como la calcinación para la fabricación de cemento, liberan directamente CO₂, la tecnología de captura de carbono en el sistema de gases de combustión puede reducir las emisiones totales del sector del cemento en un 65%.¹⁹¹ Para las industrias donde el CO₂ constituye el 10% o más de los gases de escape, los usuarios podrían capturar CO₂ mediante depuradores con una eficiencia de hasta el 95%.¹⁹² La concentración de CO₂ es crucial para que su captura sea económicamente viable y, cuanto mayor sea la concentración, más sentido económico tendrá capturarlo.¹⁹³ Los fabricantes de productos químicos de la región no emiten lo suficiente como para justificar el transporte y el secuestro, pero puede haber oportunidades de utilización menores interesadas en cantidades menores de CO₂ (por ejemplo, secuestros de cemento).¹⁹⁴ El Apéndice A ofrece un estudio detallado de la captura de carbono en Cleveland Works, aunque este enfoque representa un camino mucho menos viable hacia la descarbonización en las instalaciones, dados los considerables desafíos técnicos y logísticos.¹⁹⁵

Captura directa de aire: El DAC absorbe CO₂ del aire a un ritmo 100 veces superior al de la reforestación. La tecnología existe actualmente, pero es costosa y requiere grandes cantidades de energía limpia para funcionar.¹⁹⁶ Las instalaciones regionales de DAC ubicadas junto a sitios de secuestro o industrias de utilización de CO₂ pueden ayudar a descarbonizar industrias difíciles de reducir. En todo el país hay algunos proyectos de DAC a escala industrial en construcción, y se espera que sus precios disminuyan lo suficiente para permitir una adopción más generalizada hacia 2050.¹⁹⁷ Esto brinda una oportunidad para la creación de nuevas industrias y contribuye a los objetivos de cero emisiones netas en el resto del MSA. Las tecnologías actuales pueden capturar 500.000 MTCO₂e al año, pero esta cifra debería mejorar para 2050.¹⁹⁸

Utilización: Una vez capturado, el CO₂ puede proporcionar materia prima para la producción de productos químicos basados en carbono en un proceso de fabricación de circuito cerrado.¹⁹⁹ Se puede utilizar en la fabricación de cemento a través del ciclo de calcio, donde el CO₂ reacciona con el óxido de calcio para formar carbonato de calcio, que luego puede reciclarse a través del proceso de calcificación. El CO₂ capturado también se puede utilizar para curar el hormigón, haciéndolo más resistente y secuestrando el CO₂.²⁰⁰ También hay industrias especializadas que desarrollan usos únicos para los flujos de CO₂ capturados, como el combustible de aviación sostenible.

Secuestro: Incluso a escala comercial en toda la cadena de valor de la gestión del carbono, se proyecta que la porción de utilización de CCUS representará solo entre el 10% y el 15% de las emisiones capturadas para 2050 para el uso de CO₂ en productos que apoyan los objetivos climáticos.²⁰¹ El resto de las emisiones capturadas requieren secuestro geológico. Se espera que para volúmenes tan grandes de CO₂, los ductos sean el modo de transporte más económico y eficiente.²⁰² Además de una capacidad suficiente para almacenar el volumen de CO₂ capturado, un sitio de almacenamiento adecuado debe tener una permeabilidad adecuada. El CO₂ se almacena bajo tierra en forma de fluido. Cuanto más permeable sea la formación rocosa en la que se almacena el CO₂, menos energía se requerirá para superar la resistencia al flujo del fluido durante la inyección. En el Apéndice A se presenta un estudio de caso detallado sobre la captura de CO₂ en Cleveland Works, aunque la CCS puede no ser un enfoque viable para descarbonizar las instalaciones, como se señaló anteriormente. El Apéndice A también incluye una evaluación de posibles rutas

de tuberías y posibles ubicaciones para el secuestro geológico para informar mejor cualquier proceso de planificación futuro. Como se explica en el Apéndice, cualquier trabajo potencial de transporte o secuestro de CO₂ debe incluir una participación sustancial de la comunidad, aceptación y acuerdos de beneficios.

7.4.4.6. Energía renovable industrial

El aumento de la producción de energía en instalaciones industriales reduciría los costos de electricidad, mejoraría la resiliencia eléctrica y puede reducir el impacto en la red de la electrificación de las industrias. Esta sección se centra en los sistemas combinados de calor y energía (CHP) y en la conversión de calefacción urbana a sistemas geotérmicos urbanos.

CHP: La cogeneración es una tecnología que genera energía eléctrica además de energía térmica. Los sistemas de cogeneración pueden generar suficiente electricidad para superar las necesidades eléctricas de una operación. En algunos casos, los sistemas de cogeneración envían electricidad a la red. Cleveland Works instaló un generador de cogeneración de 137 MW que produce la mayor parte de la electricidad de la planta.²⁰³ Actualmente no hay ejemplos de sistemas de cogeneración utilizados en aplicaciones industriales en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria fuera del condado de Cuyahoga, pero los sistemas de cogeneración son candidatos para otras aplicaciones de fabricación.²⁰⁴

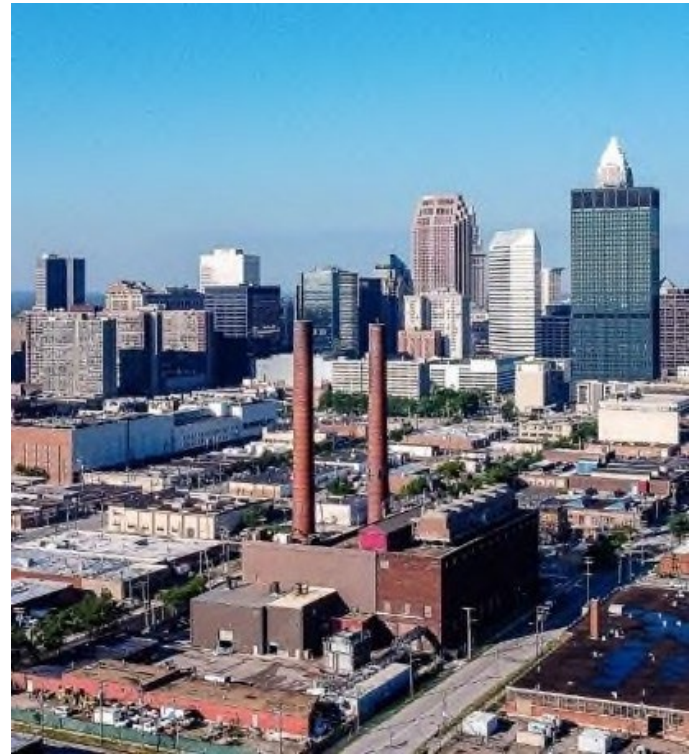
Distrito Geotérmico: Actualmente existen redes de calefacción y refrigeración urbanas en el centro de Cleveland y alrededor de University Circle en Cleveland. Estos sistemas calientan y refrigeran edificios mediante una instalación central de generación de vapor y una red de tuberías subterráneas interconectadas. La modernización de los sistemas de calefacción urbana existentes con sistemas de calefacción urbana geotérmica que utilizan energía geotérmica eliminaría la dependencia de la generación de vapor a partir de gas natural y reduciría drásticamente las emisiones.²⁰⁵ Los proveedores de calor que utilizan sistemas basados en vapor, como en el caso de Cleveland Thermal y Medical Center Company (en lugar de sistemas basados en agua), tendrían que cambiar a una red basada en agua. Pueden reemplazar las líneas de vapor existentes con tuberías de agua caliente aisladas, reemplazar radiadores a vapor y actualizar los sistemas de control.²⁰⁶ Además, establecerían recursos geotérmicos (es decir, perforarían pozos e instalarían intercambiadores de calor terrestres) para transferir energía térmica entre la tierra y el sistema de energía del distrito.²⁰⁷

7.4.4.7. Nuevo Apoyo a la Industria

La descarbonización industrial ofrece muchas oportunidades para que surjan nuevas industrias en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria.

Calefacción eléctrica: La electrificación del calor de los procesos es crucial para la descarbonización, ya que la calefacción es la mayor fuente de emisiones industriales.²⁰⁸ Para soportar la enorme cantidad de unidades de calefacción eléctrica que serán necesarias, la región debería alentar a los fabricantes de calderas eléctricas, bombas de calor, calentadores inductivos y de resistencia y otros sistemas de calefacción a trasladarse al MSA.

Hidrógeno: Esta región requerirá instalaciones de producción de hidrógeno verde y transporte y distribución de hidrógeno con emisiones netas cero a usuarios finales industriales.



Corix Cleveland Thermal, Fuente: Corix

Geotermia: Para apoyar la transición a redes basadas en agua geotérmica para calefacción urbana, la región necesita invertir en el diseño, mantenimiento y componentes de sistemas geotérmicos.²⁰⁹

Utilización del CO₂: Si bien el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria solo tiene una industria, la fabricación de metales primarios o de acero, que podría justificar fácilmente el costo de la CCS, hay emisores más pequeños que podrían invertir colectivamente en el desarrollo de un ducto de CO₂ que se conecte a un utilizador o sitio de secuestro. Con los flujos de CO₂ surgen oportunidades para el uso del CO₂. La reubicación de un utilizador en la región para colaborar con los proveedores de CO₂ creará industrias circulares en la región y creará empleos. Hay muchos proyectos de demostración que muestran formas de utilizar el CO₂ capturado. Los ejemplos incluyen combustible de aviación sostenible, secuestro de CO₂ en cemento, combustibles sólidos para almacenamiento a largo plazo y generación de electricidad a partir de iones producidos en la absorción de CO₂.²¹⁰

Centros de datos: Se espera que continúe la creciente demanda de almacenamiento de datos, computación en la nube e inteligencia artificial; el Departamento de Energía de EE. UU. proyecta un aumento de casi el 8 % en el consumo de electricidad debido a los centros de datos para 2028.²¹¹ Hay mucha orientación sobre el diseño integral y la ubicación de estos centros de datos para garantizar que su consumo de energía sea renovable, la utilización de fuentes de refrigeración naturales y la incorporación de recuperación de calor en el diseño.²¹² Un uso potencial del calor residual capturado en los centros de datos sería el precalentamiento en aplicaciones industriales.²¹³ Esto requeriría una planificación cuidadosa para ubicar conjuntamente los centros de datos con los usuarios de calor residual.

7.4.5. Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del sector de energía industrial e IPPU

Esta combinación de medidas de eficiencia energética, medidas de eficiencia de procesos, adopción de electrificación, combustibles alternativos, captura de carbono y métodos de energía renovable puede reducir los GEI en todo el sector industrial en un 92% hasta 2050. La **tabla 26** muestra las reducciones totales de emisiones por subsector.

7.4.5.1. Reducciones de emisiones de GEI mediante medidas industriales

Tabla 26: Reducciones de emisiones de GEI por subsector industria

Subsector	Emisiones de 2022 (MMT CO ₂ e)	Emisiones de 2050 (MMT CO ₂ e)	Porcentaje de Reducción
Fabricación de Metales Primarios	4,55	0,24	95%
Fabricación de cemento, hormigón y asfalto	0,65	0,04	94%
Fabricación	0,51	0,15	86%
Transporte por oleoducto	0,34	0,03	55%
Fabricación química	0,29	0,01	90%
Generación de vapor	0,19	0,01	95%
Hospitales	0,14	0,05	66%
Fabricación de papel	0,07	0.007	89%
Total	6,8	0,59	92%

7.4.5.2. Cobeneficios de las medidas de la industria

La descarbonización de los procesos y operaciones industriales tiene muchos beneficios además de la reducción del. También es posible, mediante la descarbonización, reducir otras emisiones más dañinas. Esto mejora directamente la salud pública, reduce el ruido y la vibración para que los entornos de trabajo sean más seguros y mejora la eficiencia del uso del agua para disminuir la cantidad de aguas residuales industriales. El nuevo apoyo industrial creará oportunidades de empleo en la región que se analizan en profundidad en el Análisis de planificación de la fuerza laboral (consulte el Capítulo 12).

Salud pública: El equipo del CRDF estimó la relación entre las emisiones de CO₂ y las emisiones de contaminantes atmosféricos, incluidos el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COV) y PM 2,5 de la Plataforma de modelado colaborativo de emisiones nacionales de la EPA de EE. UU.²¹⁴ La **Tabla 27** ilustra estos beneficios, mostrando un total de costos de salud evitados por un valor de casi 250 millones de dólares anuales para 2050. En el Apéndice A se incluye

información adicional sobre los beneficios para la salud de todo el estado de Ohio derivados de la reducción de emisiones.

Tabla 27: Beneficios colaterales anuales de las medidas del sector industrial para la calidad del aire (2050)

Subsector	Reducción de SO ₂ (Montones)	Reducción de NO _x (Montones)	Reducción de COVs (Montones)	Reducción de PM 2,5 (Montones)	Costos de salud evitados
Fabricación de Metales Primarios	1.307	2.206	412	996	61,1 millones de dólares
Fabricación de cemento, hormigón y asfalto	419	880	183	346	128,3 millones de dólares
Fabricación	4,33	253	431	65	14,9 millones de dólares
Fabricación de productos químicos	46,9	298	663	97,6	37,2 millones de dólares
Hospitales	0,82	102	7,22	11,6	4,4 millones de dólares
Transporte por oleoducto	0,09	77,1	29,3	2,74	386.000\$
Fabricación de papel	0,32	60,9	210	4,60	2,9 millones de dólares
Total	1.778	3.877	1.936	1.524	249,2 millones de dólares

Reducción de ruido y vibraciones: Según ejemplos de comparación de niveles de ruido de la Industrial Acoustics Company, las operaciones de las acerías rondan los 110 decibeles, que es el umbral de dolor humano promedio.²¹⁵ Las alternativas eléctricas son, en promedio, nueve decibeles más silenciosas que sus contrapartes diésel. Puede que esto no parezca un cambio significativo en la contaminación acústica, pero en muchos casos se necesitarían 20 máquinas eléctricas para crear el mismo nivel de ruido que una máquina diésel.²¹⁶

Los equipos alternativos eléctricos crearían entornos de trabajo y comunidades aledañas más seguros porque permiten a los trabajadores escucharse mejor entre sí y protegerse de niveles de ruido peligrosos.

Mejoras en la calidad del agua: Una mejor gestión de los recursos en una instalación, inversiones en maquinaria más eficiente y la instalación de sistemas de reciclaje de agua y equipos de detección de fugas pueden reducir la cantidad de agua consumida y reducir la cantidad de agua contaminada que regresa a los cursos de agua locales. Como se mencionó anteriormente en esta sección, la planta Cleveland Works de Cleveland-Cliff instaló un sistema de reciclaje de agua que reduce la cantidad de aguas residuales aceitosas bombeadas al río Cuyahoga.²¹⁷ En 2023, también comenzaron a instalar un skimmer que reduce el consumo de agua en 23 millones de galones al año.²¹⁸

7.5. Sector de transporte y fuentes móviles

El transporte y las fuentes móviles representaron el 29 % de los GEI dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria durante 2022. La descarbonización de MSA requiere que este sector sea más eficiente, accesible y ambientalmente sostenible. Si bien la magnitud del desafío es sustancial, el cambio transformador en el modo en que se desplazan las personas y los bienes no carece de precedentes. Desde la llegada de los primeros automóviles producidos en masa (por ejemplo, el Modelo T) hasta el auge de las plataformas de viajes compartidos como Uber y Lyft, las innovaciones disruptivas han transformado continuamente el transporte para superar barreras y ofrecer beneficios generalizados.

7.5.1. Contexto de MSA

Dos prioridades forman la base de la descarbonización del transporte: 1) reducir los kilómetros recorridos por los vehículos (VMT) para transportar personas y mercancías; y 2) hacer la transición a vehículos y combustibles de cero emisiones (ZEV).²¹⁹

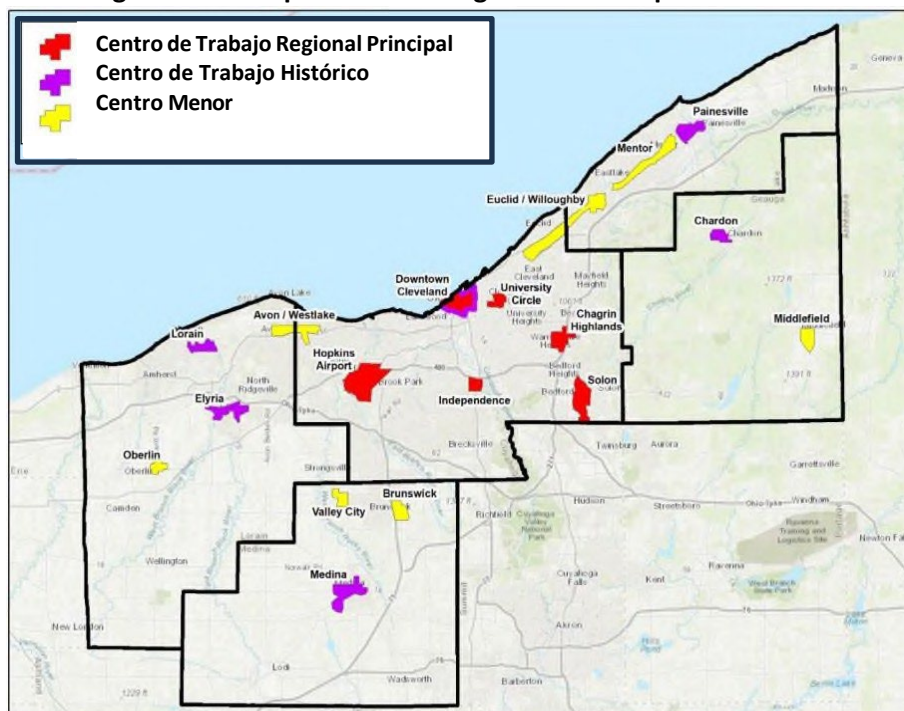
La reducción de VMT se centra en un transporte más conveniente a través de estrategias de diseño a nivel de sistema que brinden fácil acceso al empleo, a los servicios comunitarios y a las oportunidades recreativas. Estas estrategias ayudan a minimizar los viajes innecesarios al tiempo que abordan plenamente las necesidades de movilidad. Las decisiones locales y regionales sobre el uso del suelo y el diseño de comunidades y redes de movilidad afectan las opciones de viaje. La reducción de las emisiones y la mejora de la seguridad, el flujo de tráfico y la calidad de vida en general requieren una planificación cuidadosa del uso del suelo, una logística de carga más eficiente y la adopción de prácticas emergentes como el teletrabajo y la economía colaborativa.²²⁰ En conjunto, estas estrategias también pueden fortalecer la conectividad y la accesibilidad en comunidades que tradicionalmente han enfrentado desventajas.

La red de transporte heredada de la región está diseñada principalmente para el acceso industrial y los viajes en automóvil. Si bien el condado de Cuyahoga ha mantenido su infraestructura de transporte público, incluidos los sistemas de trenes y autobuses de GCRTA, los condados circundantes tienen opciones de transporte más limitadas y la mayoría de los residentes dependen del automóvil. A diferencia de las Áreas Estacionales Metropolitanas (AMS) más densas, conducir sigue siendo el modo dominante en todo el AMS de Cleveland-Elyria debido a la rapidez y conveniencia.

La ciudad de Cleveland y el condado de Cuyahoga han experimentado una disminución de la población y una expansión suburbana durante décadas, mientras que los condados de Geauga, Lake, Lorain y Medina han visto patrones de crecimiento variables. Esto ha creado un desajuste espacial en la región entre donde viven los empleados y donde trabajan. Como muestra la **Figura 27**, cada uno de los seis principales centros de trabajo del MSA se encuentra en el condado de Cuyahoga, que atrae la mayoría de los viajes de trabajo desde casa desde los condados vecinos.²²¹ El sistema de carreteras del MSA, que fue construido para dar cabida a una población prevista significativamente mayor que la actual, hace que sea fácil para la gente llegar a estos centros de trabajo debido al exceso de capacidad de las carreteras.²²²

El Área Metropolitana de Cleveland-Elyria debe realizar un cambio estratégico hacia redes de transporte público y transporte activo de alta calidad que permitan una verdadera elección del modo de transporte. Estas inversiones en infraestructura de alta calidad pueden posibilitar un cambio modal. Cuando se integran con estrategias de diseño a nivel de sistema, los modos de viaje alternativos pueden mejorar el acceso para las personas y las empresas al tiempo que reducen la dependencia de viajes que consumen mucha energía. El MSA puede mejorar aún más la eficiencia del transporte a través de tecnologías innovadoras que aborden la conectividad de primera milla/última milla. Además, las políticas inteligentes y las soluciones tecnológicas, como los vehículos conectados y automatizados (CAV), pueden aumentar la seguridad, la asequibilidad y la eficiencia, pero deben gestionarse con cuidado para evitar consecuencias no deseadas. Aumento en la demanda de viajes.

Figura 27: Principales centros regionales de empleo de NOACA



Una mayor comodidad y eficiencia de los sistemas de transporte facilitarán la transición a vehículos eléctricos cero emisiones y combustibles con cero emisiones de carbono en todos los modos de viaje. Esto incluye vehículos livianos (LDV), camiones medianos y pesados (MHDV), autobuses, equipos todoterreno (por ejemplo, maquinaria agrícola y de construcción), aviación, ferrocarril y transporte marítimo. Esta estrategia se centra en la implementación de vehículos cero emisiones, en particular los vehículos eléctricos de batería (BEV) y los vehículos de pila de combustible (FCV) de hidrógeno, y en combustibles con bajas emisiones de carbono. Una economía de cero emisiones netas requiere la transición de las ventas de vehículos nuevos a tecnologías de cero emisiones en todos los modos de transporte y la rápida conversión de los vehículos más antiguos y más contaminantes que funcionan con combustibles fósiles. Esta transición también requerirá abordar las necesidades de infraestructura de carga de vehículos eléctricos y de combustible limpio para garantizar un acceso confiable para todos los usuarios, incluidos individuos, flotas y empresas.

7.5.2. Desafíos y obstáculos para la descarbonización del transporte

Entre los obstáculos importantes para la descarbonización del transporte se incluyen la extensa red de carreteras del MSA, la congestión mínima y la densidad de población relativamente baja, que favorecen el uso del automóvil. Los patrones de desarrollo centrados en el automóvil han creado centros de empleo dispersos en todo el MSA, lo que hace que los sistemas de tránsito radiales sean menos efectivos y complican los viajes entre condados. Los desplazamientos de población desde el núcleo urbano hacia los suburbios obstaculizan la planificación del transporte. Otros obstáculos incluyen el envejecimiento de la infraestructura de transporte, las limitaciones de financiamiento, la fragmentación jurisdiccional y la necesidad de una inversión sustancial en infraestructura de carga de vehículos eléctricos y de abastecimiento de hidrógeno para apoyar los esfuerzos de electrificación de los vehículos.

El MSA enfrenta varios puntos de decisión críticos en sus esfuerzos de descarbonización del transporte, incluyendo si priorizar la reducción de VMT versus la electrificación de vehículos; cómo asignar fondos finitos entre el mantenimiento y el desarrollo de nueva infraestructura; si enfocar el desarrollo a lo largo de los corredores de tránsito existentes o expandir el servicio a áreas suburbanas en crecimiento; y la determinación de estructuras de gobernanza apropiadas para la planificación del transporte regional. Otros puntos de decisión incluyen el momento y la escala de la adopción de vehículos eléctricos, la selección de tecnologías de combustible limpio apropiadas para las diferentes clases de vehículos y si es necesario revitalizar las rutas históricas de tránsito interurbano o desarrollar sistemas completamente nuevos.

Algunas zonas del Área Metropolitana de Minneapolis-Saint Paul experimentan un importante crecimiento poblacional y desarrollo comercial en las áreas urbanas centrales y los suburbios del primer anillo, de acuerdo con las recomendaciones del plan Vibrant NEO 2040. Las áreas de crecimiento incluyen el Near West Side (por ejemplo, Ohio City y Detroit-Shoreway) y University Circle en Cleveland. Sin embargo, las fuerzas del mercado y las inversiones en infraestructura siguen impulsando el desarrollo hacia el exterior, lo que resulta en desinversión y pérdida de población en algunos barrios de la ciudad, una expansión suburbana continua y dispersión de empleos.²²³

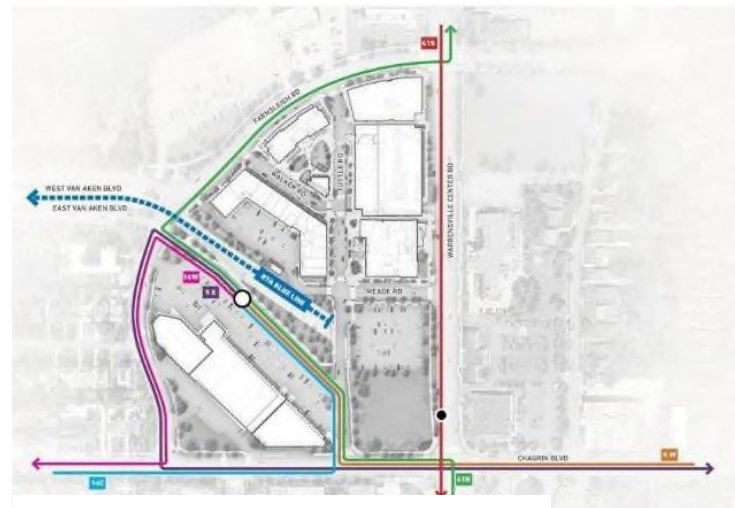
Los esfuerzos para aumentar el transporte activo están limitados por la geografía y el clima de la región. La nieve por efecto lago, los inviernos duros y la topografía variada de la región crean barreras adicionales a las

opciones de transporte activo durante todo el año. El aumento de las temperaturas y las olas de calor más prolongadas podrían hacer que andar en bicicleta y caminar en verano sea más extenuante físicamente y potencialmente peligroso, mientras que los eventos de precipitaciones extremas más frecuentes probablemente crearán condiciones peligrosas. Los inviernos más cálidos y la reducción de las nevadas pueden extender la temporada de ciclismo y caminata; sin embargo, el aumento de los ciclos de congelación y descongelación podría acelerar el deterioro del pavimento, lo que crea riesgos de seguridad y desafíos de mantenimiento. Es posible que las comunidades necesiten adaptar la infraestructura mediante estructuras de sombra, estaciones de agua y mejores sistemas de drenaje a lo largo de corredores peatonales y ciclistas clave. Algunas comunidades también podrían experimentar cambios de comportamiento, como personas que caminan y andan en bicicleta más temprano en la mañana o más tarde en la noche durante los meses calurosos de verano, o una mayor demanda de conexiones a centros de refrigeración e instalaciones públicas con aire acondicionado.

7.5.3. Historias de éxito y oportunidades locales

Varios proyectos locales demuestran cómo el desarrollo orientado al transporte público, combinado con la adopción de vehículos más limpios e infraestructura de carga, puede reducir los VMT y los GEI. En conjunto, estos esfuerzos ilustran cómo la planificación coordinada y las soluciones de tránsito de bajas emisiones pueden ofrecer modelos replicables para las comunidades de todo el MSA.

El distrito Van Aken (Shaker Heights): Este desarrollo de uso mixto orientado al tránsito se construyó después de 20 años de planificación y mejoras de infraestructura por parte de la ciudad de Shaker Heights. Anteriormente, el área albergaba dos zonas comerciales orientadas al automóvil, pero la remodelación incluye una densa comunidad residencial a poca distancia de tiendas, oficinas y espacios públicos, ubicada en la terminal del tren de la Línea Azul de GCRTA. Representa un modelo TOD que podría adaptarse a otras estaciones ferroviarias, con una reducción significativa de la superficie de aparcamiento en superficie. La transformación aumentó la densidad de desarrollo, con edificios de uso mixto de varios pisos que reemplazaron a los comercios minoristas de un solo piso. La ubicación conjunta de usos en un área compacta permite la reducción de VMT. Esto permite que el desarrollo reduzca significativamente las emisiones del transporte a través del aumento del número de pasajeros en transporte público, la reducción de la generación de viajes a través del desarrollo de uso mixto y el transporte activo.



Fuente: MKSK El distrito Van Aken

El distrito de West 25th Street

(Cleveland): Este desarrollo en el barrio Ohio City de Cleveland es particularmente interesante como estudio de caso de desarrollo urbano sostenible porque evolucionó orgánicamente alrededor de la infraestructura de tránsito existente a lo largo de varios años. El área alberga la estación de tránsito rápido de la línea roja West 25th-Ohio City, que brinda acceso ferroviario directo al centro de Cleveland, University Circle y el Aeropuerto Internacional Cleveland Hopkins, con una excelente conectividad multimodal que incluye múltiples rutas de autobús y el sistema BRT HealthLine.



Autobús de tránsito rápido de la calle 25 oeste, fuente: GCRTA y Stantec

El vecindario presenta un diseño amigable para los peatones, con aceras anchas, árboles en la calle, cruces peatonales y medidas para calmar el tráfico, además de una mezcla diversa de usos del suelo próximos. La zona ha conservado con éxito su carácter histórico al tiempo que da cabida a un nuevo crecimiento. Mantiene una sensación de barrio auténtico a través de espacios de reunión públicos como Market Square Park y ofrece una variedad de opciones de vivienda, desde edificios históricos renovados hasta nuevos desarrollos de uso mixto.

Dos desarrollos de viviendas públicas cercanos, Lakeview Terrace y Riverview Tower, desempeñan un papel importante en la diversidad económica del área, ya que brindan opciones de vivienda estables y asequibles para residentes de bajos ingresos en un vecindario que cambia rápidamente. Si bien la asequibilidad sigue siendo un desafío, la proximidad de Riverview Tower a la Línea Roja de GCRTA y de ambos desarrollos al servicio de autobús frecuente proporciona ahorros en los costos de transporte para los residentes de bajos ingresos, lo que compensa parcialmente el aumento de los costos de la vivienda.

Microtránsito del condado de Lorain: Las ciudades de Lorain y Elyria se han asociado para lanzar un innovador servicio de microtransporte a pedido, para mejorar el acceso a un transporte eficiente, asequible y flexible. Lorain County Transit se asoció con Via en julio de 2024 para lanzar ViaLC, que brinda transporte a pedido dentro de Lorain y Elyria, o hacia rutas fijas de Lorain County Transit. Una aplicación con funciones de planificación de viajes multimodales ayuda a los pasajeros a conectarse con trabajos, escuelas y otros destinos. Lorain County Transit ha ampliado su programa para brindar servicios adicionales de respuesta a la demanda, incluidos Dial-a-Ride y Oberlin Connector, con planes de expandir aún más ViaLC como un componente central de la red de transporte del condado.

Autobuses de tránsito eléctrico: Los proveedores de transporte en el MSA avanzan hacia flotas más limpias mediante la implementación de autobuses eléctricos a batería e infraestructura de carga. En el condado de Lake, Laketran ha surgido como líder estatal en transporte eléctrico. En 2021, la agencia implementó 10 nuevos

autobuses BEV de 35 pies, lo que transformó el 60% de su flota local de ruta fija a ZEV.²²⁴ Para apoyar a estos autobuses, Laketrans instaló seis cargadores rápidos en ruta en su Centro de Tránsito de Wickliffe, convirtiéndose en la primera agencia en Ohio en operar un depósito de carga rápida para autobuses. Estas inversiones han hecho posible un servicio de autobuses eléctricos continuo durante todo el día en todo el condado.

En 2024, GCRTA obtuvo una subvención de la Administración Federal de Tránsito (FTA) de \$10,6 millones para reemplazar 10 autobuses diésel con modelos BEV.²²⁵ La subvención también financia la instalación de tres estaciones de carga de vehículos eléctricos de alta capacidad en Hayden Garage en East Cleveland, y se espera que su implementación completa esté prevista para la primavera de 2027. Este proyecto sienta las bases para la futura electrificación de toda la flota y las mejoras de la infraestructura.

En el condado de Lorain, la ciudad de Oberlin se asoció con Tránsito del condado de Lorain en 2024 para lanzar E-Bus, un pequeño y accesible servicio de transporte eléctrico que funciona todo el día de lunes a viernes en un circuito fijo por toda la ciudad y el municipio circundante de New Russia.²²⁶ Aunque de escala modesta, el proyecto sirve como modelo replicable para servicios de microtransporte eléctrico en otras ciudades y comunidades rurales del MSA.

7.5.4. Las medidas de reducción de emisiones de fuentes móviles y de transporte

Estas medidas ayudarán al Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria a lograr un progreso inmediato y sostenido hacia sus objetivos de reducción de GEI. Estas medidas corresponden en gran medida a las medidas de reducción de VMT, electrificación de vehículos livianos (LDV) y electrificación de vehículos pesados (HDV) del PCAP; sin embargo, esta sección se basa en esas medidas prioritarias para proporcionar un conjunto más completo de acciones para descarbonizar a largo plazo. Si bien los vehículos de carretera representan el 90% de los GEI del sector de Transporte y Fuentes Móviles, el MSA debe tener una estrategia para eliminar el 10% restante de emisiones. De este modo, el CCAP añade medidas para abordar la aviación, los vehículos no de carretera, el transporte ferroviario y el transporte acuático.

Las medidas para este sector se agrupan por transición hacia vehículos y combustibles más limpios o reducción de VMT. El TOD tiene uno de los mayores potenciales de mitigación de GEI de todas las medidas de reducción de VMT.²²⁷ Como tal, constituye su propia categoría distintiva de medidas de reducción de emisiones dentro del sector de Transporte y Fuentes Móviles.

7.5.4.1. Transición hacia vehículos y combustibles más limpios

Dos tercios de los GEI del transporte en el MSA son atribuibles a los vehículos ligeros, mientras que los vehículos pesados, incluidos los autobuses de transporte público, representan casi una cuarta parte (22,7%) de las emisiones sectoriales. Las emisiones restantes provienen de la aviación (4,8%), el transporte acuático (2,4%), el ferrocarril (1,8%) y los vehículos todoterreno (0,9%).²²⁸

La siguiente sección destaca las medidas para abordar la transición hacia vehículos y combustibles más limpios dentro del sector del transporte. Estas estrategias incluyen enfoques para financiar una mayor adopción. También se hacen comparaciones de las emisiones regionales para 2050 tanto en un escenario de continuidad

como en un escenario optimista en el que la adopción de tecnologías limpias se acelera en respuesta a iniciativas políticas.

Vehículos de carretera: Las siguientes medidas describen estrategias para descarbonizar los vehículos en carretera en el noreste de Ohio. Están organizados según su costo relativo y preparación para la implementación, comenzando con los esfuerzos de menor costo y de acción más inmediata, y progresando hacia iniciativas de más largo plazo que requieren mayor planificación, coordinación e inversión de capital. Este enfoque gradual permite a los gobiernos locales lograr avances a corto plazo y, al mismo tiempo, sentar las bases para una descarbonización más profunda a lo largo del tiempo.

Evaluación del costo total de propiedad (TCO) de vehículos eléctricos (BEV) para flotas de gobiernos locales: El TCO refleja los costos iniciales, los costos recurrentes y los costos al final de la vida útil asociados con la propiedad y operación de un vehículo. Para ciertas clases de vehículos y aplicaciones de uso final, el TCO de los vehículos eléctricos de batería ya es inferior al de los vehículos con motor de combustión interna (ICEV).²²⁹ Actualmente, se encuentran disponibles herramientas gratuitas como el Tablero para la Electrificación Rápida de Vehículos (DRVE) para ayudar a los gobiernos locales a identificar opciones de vehículos eléctricos (BEV) que respalden los objetivos de descarbonización a un costo menor que los vehículos de combustión interna.²³⁰

Educación pública y divulgación: Las campañas de educación y divulgación eficaces son esenciales para familiarizar tanto al público como a los operadores de flotas con los vehículos eléctricos de batería y de celdas de combustible. Las estrategias de campaña pueden incluir talleres vecinales, eventos de recorrido en bicicleta, difusión en redes sociales o quioscos de información en bibliotecas y centros comunitarios. Estas iniciativas ayudan a los residentes y administradores de flotas a comprender los beneficios financieros y ambientales de los vehículos eléctricos y abordan inquietudes comunes en torno a la carga, el reabastecimiento de combustible, la autonomía y el mantenimiento.

Los gobiernos locales pueden organizar sus propias manifestaciones públicas y desarrollar hojas informativas accesibles adaptadas a sus comunidades. Estas campañas requieren inversiones modestas y pueden recurrir a los presupuestos de comunicación municipales, a las oficinas de sostenibilidad locales o en asociación con empresas de distribución eléctrica. Los grandes eventos de recorrido en coche cuestan alrededor de \$27,690 cada uno, mientras que los más pequeños pueden realizarse por menos de \$10,000.²³¹ Según esta estimación, una campaña de divulgación integral con entre 8 y 15 eventos en todo el Área Metropolitana de Washington probablemente costaría entre \$250,000 y \$300,000.

Acelerar la electrificación de los vehículos ligeros mediante una mayor participación en el Climate Mayors EV Purchasing Collaborative: Esta colaboración es un programa nacional de compras cooperativas diseñado para agilizar y reducir el costo de la adopción de vehículos eléctricos para las entidades del sector público. La demanda agregada en cientos de ciudades, condados, agencias de tránsito, distritos escolares y otras unidades gubernamentales a través del Colaborativo permite a las jurisdicciones participantes acceder a precios de licitación competitivos para vehículos eléctricos e infraestructura de carga.²³² Este poder adquisitivo colectivo reduce los costos unitarios y simplifica los procesos de adquisición. La participación en el Colaborativo también ofrece asistencia técnica y apoyo para la implementación a través de una asociación con organizaciones como la Coalición de Electrificación y Sourcewell, lo que mejora la capacidad de las agencias locales para realizar la transición estratégica de las flotas.²³³ Una mayor participación en todo el MSA permite que más gobiernos

locales se benefician de las economías de escala, acelerando la rotación de vehículos ligeros de la flota.

Reemplazar los vehículos de combustión interna de la flota de los gobiernos locales por vehículos eléctricos de batería según los cronogramas de adquisición regulares: Si bien el gobierno federal ha eliminado los créditos fiscales para vehículos eléctricos livianos y comerciales, existen varios casos de uso para los gobiernos locales (incluidos los vehículos patrulla y las furgonetas de carga) en los que los vehículos eléctricos de batería tienen un costo equivalente al de los vehículos con motor de combustión interna.²³⁴ Los vehículos eléctricos tienen costos de operación y mantenimiento y requieren menos tiempo de inactividad.²³⁵ Un estudio de 2024 estimó que los costos de mantenimiento anuales de los LDEV en Cleveland serían un 53 % menores que los de un ICEV equivalente.²³⁶ Cada vez serán más importantes realizar estimaciones más precisas y estandarizadas de la vida útil de los vehículos eléctricos en las distintas clases de vehículos y ciclos de trabajo para fundamentar mejor los cálculos del coste total de propiedad (TCO) y las decisiones de adquisición de vehículos eléctricos.

Reembolsos locales para vehículos eléctricos (VE) para vehículos ligeros (LDV): Actualmente hay alrededor de 16.000 vehículos eléctricos de pasajeros registrados en el MSA.²³⁷ Para 2050, el modelo de demanda de viajes de NOACA proyecta una población de LDV de casi dos millones en todo el MSA. Para cumplir los objetivos regionales de descarbonización, el 99% de estos vehículos tendrían que ser eléctricos en 2050.²³⁸ Esta transición requiere un crecimiento anual del 21% del parque de vehículos eléctricos.²³⁹

Un programa local de reembolso de vehículos eléctricos podría ayudar a alcanzar este objetivo. Los descuentos son especialmente efectivos cuando se entregan en el punto de venta a través de concesionarios participantes.²⁴⁰ Este enfoque es particularmente importante para los hogares de ingresos bajos y medios (LMI) sensibles a los precios. Investigaciones recientes indican que una reducción del 10% en el precio de compra de vehículos eléctricos puede aumentar las compras de vehículos eléctricos para hogares de bajos ingresos en un 21%, lo que se alinea con la tasa de crecimiento regional necesaria para la electrificación total.²⁴¹ Para que sea efectivo en un rango de ingresos familiares, es probable que sea necesario un reembolso de al menos \$2,000, dadas las tendencias de precios de los vehículos eléctricos.²⁴²

Para financiar un programa de este tipo, los gobiernos locales podrían emitir bonos verdes. Los descuentos se aplicarían directamente por los concesionarios de automóviles inscritos como un descuento por artículo de línea y serían reembolsados por la agencia administradora dentro de 30 a 45 días. El programa se combinaría con la implementación de estaciones de carga de vehículos eléctricos de propiedad pública, cuyas tarifas de usuario (por kWh) podrían generar ingresos para respaldar el pago de los bonos.

Los bonos verdes, utilizados para financiar infraestructura beneficiosa para el medio ambiente, pueden estructurarse de la siguiente manera:

- Bonos de obligación general (GO), respaldados por ingresos municipales y que suelen tener tasas de interés más bajas (~3,5 % durante 10 años); o
- Bonos de ingresos, reembolsados únicamente con los ingresos de las tarifas de carga y generalmente con un precio más alto (~4,5%) debido al mayor riesgo.

En una estructura de bonos GO, los ingresos de los cargadores de vehículos eléctricos podrían depositarse en el fondo general para ayudar servicio de la deuda. Las **figuras 28 y 29** muestran los resultados de modelar superávits o déficits anuales bajo diferentes escenarios de implementación de cargadores y niveles de tarifas de usuario, incluido el costo promedio actual de carga de vehículos eléctricos de Ohio de \$0,40/kWh.²⁴³

Figura 28: Superávit/déficit anual de la carga pública de vehículos eléctricos (bonos GO)

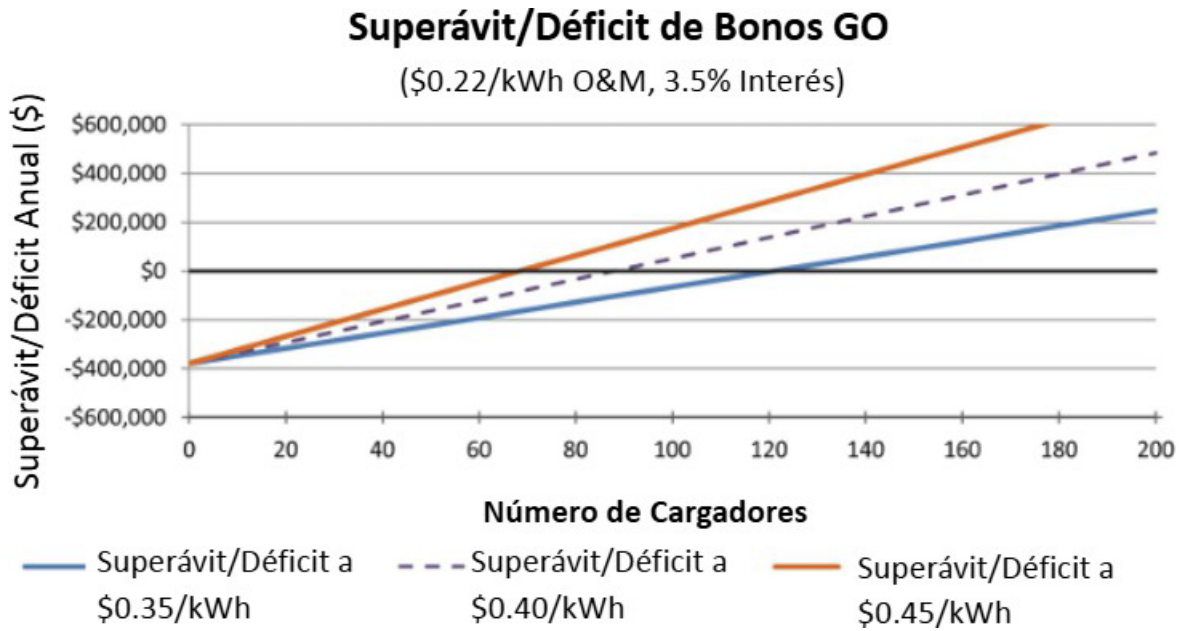
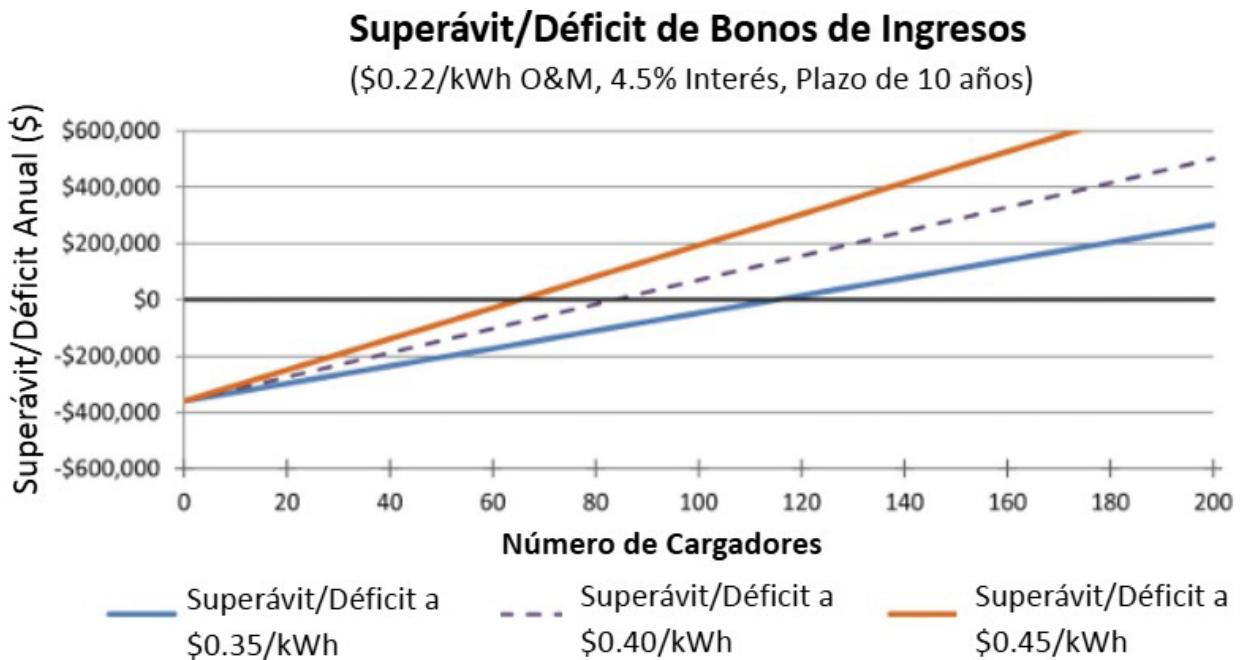


Figura 29: Superávit/déficit anual de la carga pública de vehículos eléctricos (bonos de ingresos)



Estrategias locales para expandir la carga de vehículos eléctricos: Una capacidad de carga de vehículos eléctricos adecuada es necesaria para todas las clases de vehículos. Para los vehículos ligeros, que representan el 75% de los GEI en carretera, la electrificación total para 2050 requeriría el desarrollo acumulativo de alrededor de 37.000 y 2.400 puertos públicos de carga rápida de nivel 2 y CC, respectivamente.²⁴⁴ Una red de carga a esta escala requeriría una inversión acumulada de 358,3 millones de dólares hasta 2050.²⁴⁵

Los gobiernos locales pueden desempeñar un papel fundamental en la expansión de la infraestructura de carga pública aprovechando la autoridad de planificación, los activos públicos y las asociaciones locales. Una estrategia clave es identificar las ubicaciones de carga óptimas utilizando datos de tráfico y patrones de movimiento de carga. Los municipios pueden apoyar la implementación actualizando los códigos de zonificación para permitir la carga de alta potencia en áreas comerciales e industriales, agilizando los permisos e incorporando requisitos de infraestructura para vehículos eléctricos en los códigos de construcción, cuando sea posible. La coordinación con las empresas de servicios eléctricos es fundamental para garantizar la capacidad de la red y la interconexión oportuna, especialmente en sitios de alta demanda.

Los gobiernos locales también pueden facilitar estaciones de carga de uso compartido cuando ponen a disposición terrenos públicos o desarrollan conjuntamente centros para múltiples operadores de flotas. Las asociaciones público-privadas ofrecen una vía para escalar cuando los municipios proporcionan acceso al sitio o coordinación de servicios públicos a cambio de acceso garantizado a la infraestructura. La colaboración regional con organizaciones de planificación puede alinear las inversiones entre jurisdicciones y respaldar enfoques basados en corredores. Los programas piloto pueden utilizar flotas públicas (como autobuses de transporte público) para demostrar casos de uso y generar datos valiosos para una planificación más amplia. Involucrar a las empresas de logística, a los miembros de la comunidad y a los actores laborales en las primeras etapas del proceso ayuda a garantizar que los centros de carga estén bien ubicados, sean equitativos y cuenten con el apoyo de los afectados. Incluso sin financiación federal, estas medidas impulsadas localmente pueden acelerar significativamente la construcción de redes de carga.

Aviación: El subsector de la aviación se ocupa del combustible consumido por las aeronaves. La aviación fue responsable de 0,42 MMTCO_{2e} en el MSA durante 2022. Este es un componente pequeño pero crucial de las emisiones del transporte. Las soluciones para descarbonizar la aviación incluyen la electrificación, el diseño innovador y la adopción de combustibles de aviación sostenibles, lo que logrará una reducción del 95% de las emisiones de la aviación.

Electrificación: Hay dos oportunidades principales para la electrificación en la aviación. En primer lugar, la electrificación de las puertas y el aire acondicionado preinstalado en el aeropuerto reducirán el uso de combustible para aviones en los aviones estacionados (combustibles auxiliares para alimentar y enfriar el avión durante el embarque y el desembarque). En segundo lugar, los aviones y helicópteros pequeños locales podrán ser reemplazados en 2050, reduciendo así las emisiones debidas a las pequeñas aeronaves con motor de pistón que usan gas AV.²⁴⁶

Diseño: Los nuevos aviones podrían ser más eficientes gracias a su estructura y materiales. Los nuevos diseños de aviones con alas más largas y delgadas podrían reducir significativamente la resistencia, lo que reduce el consumo de combustible entre un 10 y un 30%.²⁴⁷ Hay proyectos que desarrollan tecnologías de fuselaje

compuesto para hacer que los aviones sean más ligeros, lo que reduce la cantidad de combustible necesario.²⁴⁸ Otros proyectos se centran en si se puede electrificar una mayor parte del sistema de propulsión del avión.²⁴⁹ Finalmente, existe un software que modela el rendimiento de las aeronaves, lo que permite un diseño de aviación más centrado en el medio ambiente.²⁵⁰ La adopción de estos nuevos diseños reduce significativamente la cantidad de combustible necesaria para cada vuelo.

Combustibles de aviación sostenibles: Muchos aviones no pueden electrificarse debido al tamaño, los límites de peso y las distancias que necesitan recorrer para viajar. La mayor solución para descarbonizar la aviación es reemplazar el combustible para aviones con combustibles de aviación sostenibles (SAF, por su sigla en inglés), que tienen emisiones durante su ciclo de vida un 94 % menores que el combustible para aviones tradicional.²⁵¹ Los SAF son efectivamente un sustituto directo del combustible para aviones.²⁵² En la actualidad, solo se permiten mezclas de hasta el 50% de SAF en los aviones, pero para 2030 debería estar disponible el 100% de SAF, con el objetivo de alcanzar el 100% de SAF para 2050.²⁵³ Existen programas que apoyan la transición a los SAF, como el Plan de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (CORSIA), con el objetivo de reducir las emisiones de los vuelos internacionales a un nivel base a través de los SAF y el Combustible de Aviación con Menores Emisiones de Carbono (LCAF).²⁵⁴ Si bien la fabricación de SAF no es necesaria en la región, será crucial establecer estrategias para obtener las cantidades necesarias de SAF.

Transporte acuático: El subsector produjo 0,21 MMTCO₂e en todo el Área Metropolitana de Seattle e incluye emisiones de puertos y barcos que emiten debido a la propulsión de embarcaciones, la generación de energía, el manejo de carga y el transporte terrestre. Normalmente, el 60% de las emisiones portuarias provienen de los barcos, el 30% del transporte terrestre y el 10% de la terminal.²⁵⁵ El DOE enumera cuatro estrategias para descarbonizar los puertos y buques involucrados en el sector del transporte marítimo: electrificación, combustibles alternativos, optimización de la tecnología y estrategias de eficiencia, que reducirán las emisiones del sector marítimo en un 95%.²⁵⁶ Hay puertos ubicados en los condados de Cuyahoga, Lake y Lorain.

Electrificación: Existen oportunidades de electrificación tanto en las operaciones portuarias como en los pequeños remolcadores. El Puerto de Cleveland se toma la electrificación muy en serio; recibió una subvención de 95 millones de dólares de la EPA para una iniciativa de electrificación para instalar infraestructura de carga eléctrica; apoyar equipos de transporte terrestre eléctrico, como montacargas; instalar una grúa portuaria eléctrica para cargas pesadas, construir dos remolcadores eléctricos y preparar un almacén para la instalación de energía solar.²⁵⁷ El puerto de Cleveland necesita entre 5 y 7 MW para electrificar completamente las operaciones portuarias, y la instalación solar cubrirá 2 MW.²⁵⁸ Se trata de una iniciativa importante y los puertos más pequeños del MSA (por ejemplo, el puerto de Fairport) podrían adoptar estas estrategias a menor escala. El DOE apoya el desarrollo de embarcaciones eléctricas a batería en la mayoría de las embarcaciones marinas, pero solo se espera que la electrificación respalde viajes cortos para embarcaciones portuarias, como transbordadores y embarcaciones no comerciales, para 2050.²⁵⁹

Optimización de la tecnología: Los buques con revestimientos de fondo de baja fricción pueden reducir la cantidad de combustible necesaria para propulsar un barco en un 10%.²⁶⁰ Los puertos pueden proporcionar energía a los barcos durante la carga y descarga para reducir las emisiones derivadas del consumo de combustible auxiliar mientras permanecen inactivos en el puerto.²⁶¹

Estrategias de eficiencia: Establecer mejores prácticas dentro del puerto y en el transporte de carga en general para reducir la cantidad de combustible utilizado por los barcos y reducir las emisiones de otros sectores de transporte. El remolque fluvial (remolcadores) puede reducir las emisiones de los camiones nueve (9) veces y de los trenes 1,4 veces.²⁶² Una mejora del flujo de tráfico para reducir el tiempo de inactividad dentro de un puerto puede reducir las emisiones en un 20%.²⁶³ La reducción de la velocidad de los barcos en los puertos también puede reducir las emisiones en alrededor de un 40%, dependiendo del tipo de barco y del combustible.²⁶⁴

Combustibles alternativos: El DOE proyecta que para 2050 la mayoría de los buques marinos utilizarán combustibles alternativos sostenibles para embarcaciones marítimas, como el biodiésel.²⁶⁵ En 2024, el DOE anunció planes para un programa para definir y desarrollar combustibles marítimos sostenibles a través del Gran Desafío de Combustibles Marítimos Sostenibles, pero no ha habido ningún seguimiento adicional.²⁶⁶ Los barcos que entran y salen del Puerto de Cleveland y del Puerto de Lorain son barcos de carga seca autopropulsados, remolcadores autopropulsados, barcos de carga seca no autopropulsados y barcazas cisterna para transporte de líquidos no autopropulsadas.²⁶⁷ Si los remolcadores sólo recorren distancias cortas, pueden ser electrificados, pero de lo contrario, los barcos de mayor recorrido requerirán combustibles alternativos. Algunos combustibles como el biodiésel, que tiene cero emisiones netas, pueden reemplazar directamente al diésel en los barcos, pero otros combustibles alternativos requieren la construcción de nuevos barcos.²⁶⁸ Se prevé la adopción total de combustibles alternativos en el sector marítimo para 2050.²⁶⁹

Transporte ferroviario: El transporte ferroviario representó 0,16 MMTCO₂e de emisiones en todo el Área Metropolitana de Stamford en 2022. El ferrocarril abarca las emisiones de las locomotoras y otros equipos de transporte ferroviario que utilizan diésel, gasolina o GLP. Las emisiones del transporte ferroviario se encuentran en cada condado dentro del MSA excepto en el condado de Geauga. Para descarbonizarse, estos ferrocarriles tendrán que sustituir las flotas existentes por alternativas renovables, ya sea mediante energía eléctrica o mediante pilas de combustible de hidrógeno. También existen oportunidades de eficiencia operativa que serán especialmente útiles para la descarbonización en el mediano plazo.

Electrificación: La electrificación de los trenes reduce las emisiones en este sector en un 95%. La electrificación catenaria del ferrocarril implica alimentar el transporte ferroviario con líneas eléctricas aéreas. Este método haría que no fuera necesaria la recarga o el reabastecimiento de infraestructura. Sin embargo, construir una catenaria cuesta alrededor de 71.000 dólares por milla, lo que tradicionalmente resulta prohibitivo.²⁷⁰ Como alternativa, el transporte ferroviario eléctrico con baterías es viable. Sin embargo, los retrasos debidos a la carga y los límites de autonomía los hacen menos atractivos.²⁷¹ La combinación de estos dos tipos de electrificación permite que las baterías tomen el relevo cuando no hay catenaria y que se utilicen frenos regenerativos y otros métodos de eficiencia.²⁷²

Combustibles alternativos: Se han realizado estudios de viabilidad para la aplicación del transporte ferroviario eléctrico con baterías frente al eléctrico con pilas de combustible de hidrógeno, y hay situaciones en las que el hidrógeno es una alternativa preferible. Para viajes más largos o casos en los que no hay suficiente infraestructura de recarga o catenaria eléctrica para el transporte ferroviario eléctrico y eléctrico de batería, la pila de combustible de hidrógeno es una alternativa.²⁷³ Las alternativas son preferibles porque sólo cuestan un tercio del precio del hidrógeno.²⁷⁴ También existen oportunidades para el uso de combustibles biodiésel en el ferrocarril que podrían reemplazar inmediatamente al diésel, sin embargo, se supone que todo el transporte ferroviario utilizará electricidad o hidrógeno para 2050.²⁷⁵

Eficiencia operativa: Los operadores ferroviarios pueden reducir las emisiones inmediatamente mediante una menor inactividad, una programación optimizada, frenos de trenes dinámicos y análisis en tiempo real para un enrutamiento eficiente. Estos cambios pueden reducir las emisiones en un 20% y apoyar transiciones tecnológicas a más largo plazo.²⁷⁶

Vehículos no de carretera: Los vehículos no de carretera, que incluyen carretillas elevadoras, equipos de construcción y vehículos de apoyo terrestre de aeropuertos, produjeron 76.200 MTCO_{2e} en 2022. De esas emisiones, el 57% proviene de motores diésel, el 31% de gasolina, el 11% de gas licuado de petróleo y el 0,1% de gas natural comprimido.²⁷⁷ Las estrategias de eficiencia energética, la electrificación y la adopción de combustibles alternativos ayudan a descarbonizar los vehículos no de carretera.

Eficiencia energética: Los equipos de alta eficiencia (dragas, cintas transportadoras, polipastos) o la modernización de equipos existentes que utilizan combustibles fósiles con motores energéticamente eficientes, variadores de velocidad y apagados automáticos pueden ahorrar entre un 10 y un 15 % de energía y reducir las emisiones entre un 5 y un 10 %.²⁷⁸

Electrificación: Los camiones no destinados a carreteras, el transporte terrestre en los aeropuertos, los equipos de construcción, las perforadoras y los cargadores dependen actualmente de combustibles fósiles, a menudo diésel. La electrificación de los equipos cuando sea posible sería el método más eficaz para la descarbonización, lo que elimina por completo las emisiones de estos equipos.²⁷⁹ Se pueden electrificar equipos de construcción, transporte terrestre para almacenes y aeropuertos, equipos de minería a cielo abierto y carretillas elevadoras de instalaciones.²⁸⁰ El Programa Voluntario de Bajas Emisiones en Aeropuertos (VALE) del Departamento de Transporte de Estados Unidos financia proyectos para la electrificación de puertas, estaciones de carga para vehículos terrestres, sistemas geotérmicos y sistemas solares de agua caliente en los aeropuertos.²⁸¹

Combustibles alternativos: Algunas aplicaciones no son propicias para los equipos eléctricos porque puede resultar demasiado difícil instalar la infraestructura de carga o, como en el caso de la mina de sal Cargill de Cleveland, los equipos pueden no regresar nunca a la superficie para recargarse. En Cargill, los equipos de minería se construyen bajo el lago y nunca regresan a la superficie. En este caso, el cambio de combustible sería una opción más viable para dejar de utilizar combustibles fósiles en los equipos mineros. Los equipos de extracción de combustible de hidrógeno verde permiten reducir la dependencia de los combustibles fósiles, hacen que el aire dentro de la mina sea más limpio y reducen el ruido y las vibraciones en la mina para mejorar la seguridad de la mina.²⁸² Si bien el equipamiento varía, el equipamiento no vial promedio requiere alrededor de 10 kg por hora de operación.²⁸³ Algunas operaciones pueden encontrar más adecuadas las carretillas elevadoras eléctricas con pila de combustible de hidrógeno, pero actualmente la tendencia es una mayor adopción de carretillas elevadoras eléctricas a batería.²⁸⁴

7.5.4.2. Estrategias de reducción de VMT a corto plazo (2025-2030)

Los objetivos de reducción de VMT en el corto plazo incluyen una reducción del 15% en el VMT de los pasajeros respecto de los niveles de referencia; una mejora del 5% en la eficiencia del transporte de carga medida en toneladas-milla por galón; y un cambio modal del 3% del camión al ferrocarril para el transporte de carga elegible. Como objetivo para las zonas urbanas, caminar, andar en bicicleta o utilizar el transporte público

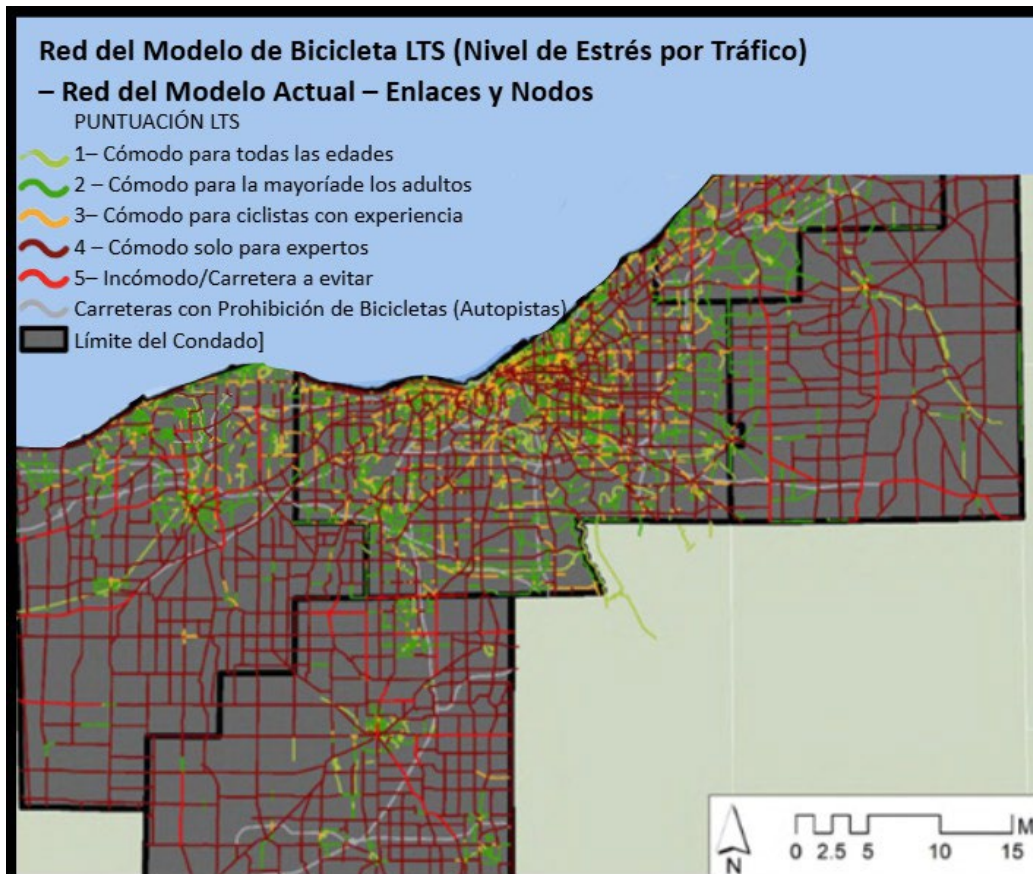
podría representar el 15% de todos los viajes.

Medición: Ya se está dando un primer paso crucial. NOACA mide y modela el VMT en los cinco condados para garantizar un seguimiento preciso del progreso.

Infraestructura para bicicletas: En la actualidad, aproximadamente el 75% de la infraestructura para bicicletas existente en la región consiste en carriles compartidos sin protección o carriles para bicicletas convencionales, que sirven principalmente a ciclistas seguros. Los carriles bici protegidos atraen a un grupo demográfico más amplio de usuarios, incluidos ciclistas menos experimentados, familias y personas mayores. El Instituto Nacional de Transporte y Comunidades (NITC) estudió seis ciudades de Estados Unidos y descubrió que los carriles para bicicletas protegidos atraían a ciclistas que de otro modo estarían "interesados pero preocupados" por el ciclismo, en particular mujeres y familias con niños.²⁸⁵

El Plan ACTIVATE de NOACA mapea los niveles de estrés del tráfico (LTS) en todo el MSA, como se muestra en la **Figura 30**. El Plan señala que las mejoras más fundamentales a la red de bicicletas de la región serían crear carriles para bicicletas conectados con un LTS de 1 o 2. La conectividad de bajo estrés se puede utilizar para evaluar y guiar la expansión de una red de bicicletas.

Figura 30: Red de modelos de niveles de estrés del tráfico de bicicletas de la NOACA



En todo el Área Metropolitana de San Luis, existen tres barreras principales para la conectividad de bajo estrés:

1. Barreras naturales y artificiales, como autopistas, ferrocarriles y arroyos;
2. Calles arteriales, cuyas calles transversales carecen de la combinación de un enfoque de bajo estrés y un cruce seguro; y
3. Rupturas en la cuadrícula de calles del vecindario, una característica común en los desarrollos más nuevos que obligan al tráfico, incluido el de bicicletas, a utilizar arterias para acceder a las calles locales.²⁸⁶

Para aumentar significativamente la participación del modo ciclismo, la región debería priorizar instalaciones totalmente protegidas para el 80% de toda la nueva infraestructura para bicicletas en Ciudades legados y suburbios del anillo interior. Cleveland tiene el objetivo de completar 50 millas de red de carriles para bicicletas protegidos en la ciudad para 2030. Algunas jurisdicciones suburbanas del condado de Cuyahoga, como Lakewood, Cleveland Heights, University Heights y South Euclid, también ampliarán la infraestructura para bicicletas.

Estas inversiones ayudarán a establecer mejores prácticas replicables en otras comunidades del MSA, entre ellas:

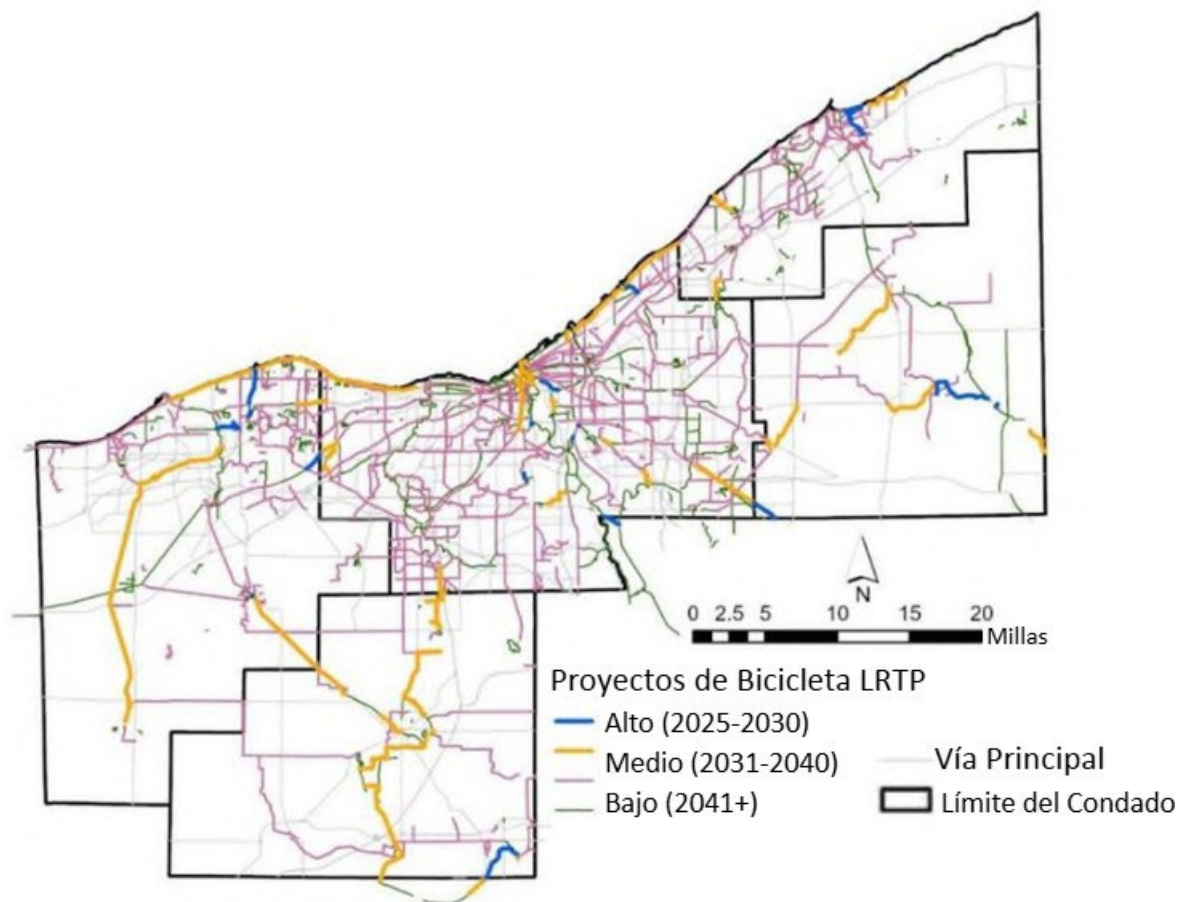
- Añadir protección a los carriles bici anchos existentes cuando sea apropiado;
- Repintar y agregar nuevos carriles para bicicletas separados mediante un proceso de construcción rápido;
- Instalar señalización y marcas en las zonas verdes del vecindario con reductores de velocidad ubicados estratégicamente u otras medidas para calmar el tráfico.

Suele haber menos instalaciones para bicicletas en las áreas periféricas del MSA; sin embargo, varias comunidades han invertido en infraestructura para bicicletas, entre ellas:

- La ciudad de Lorain tiene un plan de transporte activo para fomentar mejores experiencias al caminar y andar en bicicleta en la ciudad, incluida la instalación de carriles compartidos y carriles para bicicletas protegidos, un programa de Rutas Seguras a la Escuela y un programa de seguridad para peatones con señales de tráfico y mejoras para peatones.
- La ciudad de Mentor ha implementado un sistema de ciclovías que consta de carriles para bicicletas y senderos para bicicletas. La ciudad de Medina ha adoptado un marco para guiar el desarrollo multimodal en toda la ciudad durante las próximas décadas. En total, se proponen más de 25 millas de conexiones multimodales dentro de este plan. La mayoría de las conexiones multimodales propuestas son senderos todo terreno, aunque el Conector Suroeste propuesto por la ciudad será un carril para bicicletas protegido. Medina tiene como objetivo vincular a los residentes con los activos de la comunidad, conectar la red de senderos existente y brindar acceso multimodal a todos los residentes de Medina dentro de media milla de sus hogares.

El plan a largo plazo de NOACA, *weNEO2050+*, incorpora proyectos de bicicletas existentes y planificados para mejorar el transporte y la movilidad regionales (**Figura 31**). El plan tiene como objetivo mejorar la seguridad, la accesibilidad y la experiencia general de andar en bicicleta y caminar en la región. Reconoce la importancia de la visión de 50 años para el desarrollo de senderos en el Plan Cuyahoga Greenways existente y también incorpora recomendaciones del plan Vibrant NEO 2040, que se centra en mejorar la caminata y el ciclismo como opciones de transporte.²⁸⁷

Figura 31: Proyectos de bicicletas existentes y planificados



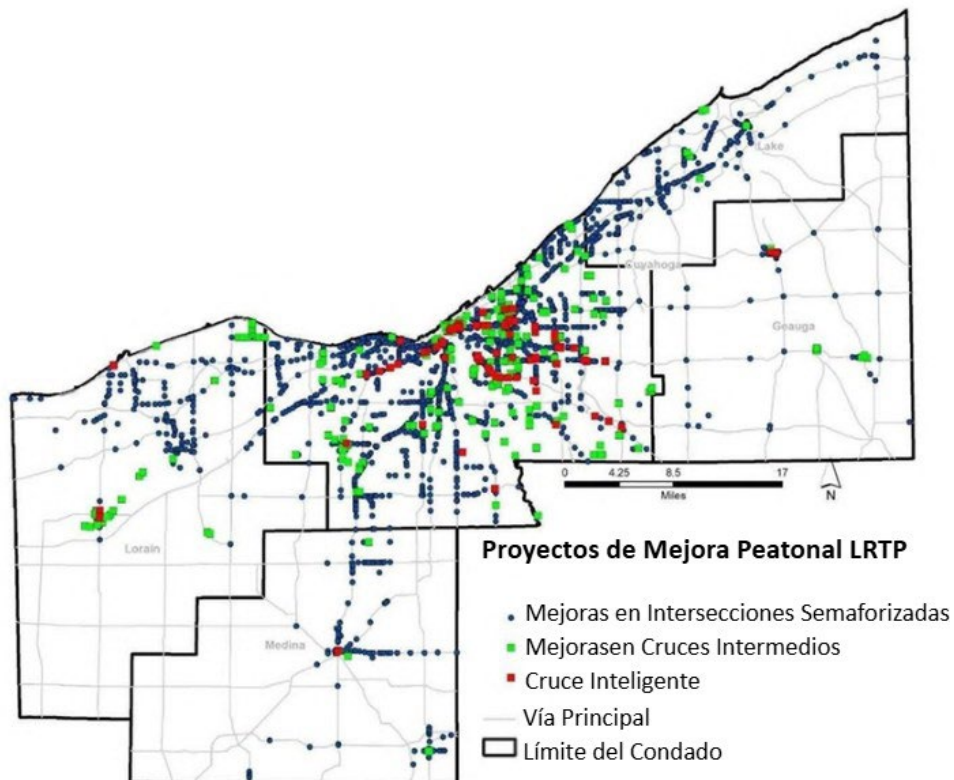
La infraestructura para bicicletas depende de la conectividad. En la actualidad, muchas instalaciones para bicicletas en el MSA existen como segmentos aislados, lo que limita su utilidad. Los nuevos proyectos de infraestructura para bicicletas deberían apuntar a conectar al menos dos instalaciones existentes, para crear una red más utilizable que pueda reducir el VMT al menos para algunos viajes, algunas veces. Las ciudades tradicionales deberían aspirar a una distancia máxima de 0,25 millas entre las instalaciones para bicicletas, mientras que las áreas suburbanas normalmente pueden acomodar distancias de hasta una milla y aún así mantener la funcionalidad de la red. La región debería llenar los vacíos entre los segmentos desconectados y cambiar a instalaciones para bicicletas más protegidas para reducir las emisiones del transporte a través de cambios modales.

El clima del noreste de Ohio requiere consideraciones de diseño especializadas para las cuatro estaciones. Para lograr reducciones mensurables de VMT, las instalaciones para bicicletas deben permanecer utilizables durante todo el año. Esto requiere planes de mantenimiento dedicados durante todo el año para rutas prioritarias con capacidades de limpieza mecánica, superficies para todo tipo de clima resistentes a las condiciones de congelación y descongelación, e iluminación adecuada para adaptarse a la oscuridad temprana durante los meses de invierno.

Infraestructura peatonal: La infraestructura peatonal en toda la región debe servir a personas de todas las edades y capacidades, siendo el cumplimiento de la ADA un estándar mínimo en lugar de máximo. Se pueden incorporar tecnologías de ciudades inteligentes para priorizar la actividad peatonal, en particular alrededor de escuelas, centros para personas mayores e instalaciones médicas, incluida una red de sensores que extienden los tiempos de cruce cuando sea necesario y mejoran la seguridad general.²⁸⁸ Para mejorar la comodidad y seguridad de los peatones, se debería establecer como estándar una distancia máxima de cruce de 30 pies, a menos que el diseño de la calle incluya una isla peatonal.

weNEO2050+ incluye proyectos peatonales existentes y planificados (**Figura 32**), destinados a mejorar la seguridad y la conectividad de los peatones, fomentando al mismo tiempo un sistema de transporte más equitativo y sostenible para el noreste de Ohio. El plan Tiene como objetivo mejorar la seguridad de los peatones creando instalaciones peatonales dedicadas separadas del tráfico vehicular y abordando cuestiones de seguridad en zonas de alto riesgo. El plan enfatiza la importancia de conectar la infraestructura para peatones y ciclistas con los sistemas de tránsito y otros modos de transporte para crear una red de transporte verdaderamente multimodal.

Figura 32: Proyectos de mejora peatonal



El plan ACTIVATE existente de NOACA tiene como objetivo ampliar y mejorar la red existente de ciclovías y senderos para aumentar el uso de modos no motorizados. El plan RAISE también incluye recomendaciones para mejorar la infraestructura peatonal y ampliar la red completa de calles en todo el MSA. El plan también incorpora el desarrollo de estaciones de carga de vehículos eléctricos, que pueden contribuir aún más a una infraestructura más amigable para peatones y ciclistas al reducir la dependencia de los vehículos privados.

La transitabilidad invernal presenta grandes desafíos en la región. Lo ideal sería que los departamentos de obras públicas de la ciudad y del condado asumieran la responsabilidad de limpiar las aceras en las rutas peatonales prioritarias en todo el MSA, especialmente cerca de paradas de tránsito, escuelas e instalaciones de atención médica. La construcción de nuevas aceras podría establecer anchos mínimos de seis pies para facilitar el almacenamiento de nieve en invierno y mantener caminos accesibles. Los materiales de superficie antideslizantes mejorarían la seguridad en condiciones climáticas invernales.

Ampliación del transporte público: Una mayor frecuencia del servicio de transporte haría que los autobuses y trenes fueran una opción más viable para el transporte diario. Cleveland y sus suburbios del anillo interior podrían apuntar a intervalos de 10 a 15 minutos en los corredores principales, siete días a la semana durante las horas pico de viaje. Los suburbios exteriores podrían aspirar a intervalos de 20 a 30 minutos durante los períodos pico y un servicio de 60 minutos durante las horas de menor demanda. Las áreas rurales del MSA podrían ofrecer un servicio programado dos o tres veces al día, complementado con una expansión de las opciones de transporte a pedido existentes. El envejecimiento demográfico de la región, combinado con vidas laborales más largas, puede requerir servicios de paratransito ampliados para garantizar la movilidad de los residentes con discapacidades.

weNEO2050+ incluye un escenario (TRANSIT) que se centra en la construcción de una red de transporte multimodal integral centrada en el transporte público. La base de este enfoque es un sistema ferroviario regional mejorado basado en el plan visionario de red ferroviaria de 2017 que ampliaría el número de estaciones ferroviarias en el MSA y extendería el servicio ferroviario al este y al oeste para crear acceso en lugares como Solon y Medina y aumentar la transitabilidad hacia las estaciones.

El plan de la red ferroviaria se complementa con las futuras rutas de autobuses y de tránsito rápido de autobuses (BRT) de las agencias de tránsito existentes. Para mejorar el acceso a los principales centros de empleo y estaciones de tránsito, el plan incorpora autobuses autónomos que transportarían a los trabajadores de manera más eficiente por toda la región.

La equidad impulsa el diseño de este escenario, con especial énfasis en atender a las comunidades que históricamente han carecido de opciones de transporte adecuadas. El plan tiene como objetivo reducir los tiempos de espera del servicio de tránsito en estos vecindarios desatendidos y establecer un objetivo regional de limitar los tiempos promedio de viaje a los principales centros de trabajo a través del transporte público. Para apoyar este enfoque orientado al tránsito, el plan fomenta el desarrollo de viviendas cerca de estaciones de tránsito y centros de empleo importantes para garantizar que una proporción mayor de la fuerza laboral de 2050 viva a cinco millas de estos destinos clave. Los proveedores de transporte de toda la región, incluidos LakeTran, Geauga Transit y Lorain County Transit, contribuyen a los esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (VMT) y los gases de efecto invernadero (GEI). GCRTA ha adoptado un plan para la reducción de GEI, que podría servir como modelo para otras agencias de tránsito en el MSA. Un cambio de

modo hacia el transporte público es parte de la estrategia de acción climática de GCRTA.

Además, GCRTA tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en su flota de autobuses:

- Convertir los autobuses comerciales a vehículos que no utilicen diésel (en su mayoría GNC) para el año 2035.
- Ampliar un estudio piloto de autobuses eléctricos a 20 autobuses. La electrificación de la flota debería ser una prioridad para todos los proveedores de transporte de la región, aunque Geauga Transit y LakeTran se han centrado en autobuses propulsados por propano para reducir las emisiones y los costos de combustible.
- Eliminar gradualmente los vehículos de transporte no remunerado y de paratransito impulsados con gasolina y reemplazarlos por vehículos híbridos y eléctricos.

Fortalecer la conectividad regional: Existen oportunidades limitadas para el transporte intercondados con rutas fijas, aunque una red de unas cuantas vías principales de transporte intercondados puede ser viable. Los proveedores de transporte público pueden centrarse en brindar una combinación de ruta fija y servicio en función de la demanda que cruce las fronteras de los condados a lo largo de estas vías.²⁸⁹ Para 2030, la región debería aspirar a aumentar significativamente las conexiones de tránsito entre condados hacia los principales centros de empleo, con el apoyo de nuevos mecanismos de financiación entre condados para las autoridades de tránsito regionales. NEORide y EZFare son sistemas de integración de tarifas que permiten a los pasajeros transferirse entre condados sin pagar múltiples tarifas ni navegar por diferentes sistemas de pago. El sistema de tránsito rápido de autobuses (BRT) debería extenderse estratégicamente por toda la región de los cinco condados.

7.5.4.3. Estrategias de reducción de VMT a mediano plazo (2030-2040)

El período 2030-2040 podría incluir objetivos más ambiciosos para la región, incluida una reducción del 25% respecto de la línea base para el VMT de pasajeros. Esto representaría una aceleración sustancial respecto de la década anterior. Otro objetivo es una reducción del 10% en el VMT del transporte de mercancías mediante mejoras combinadas de la eficiencia y cambios modales hacia el transporte ferroviario y acuático. Si la adopción de combustibles alternativos alcanza una masa crítica en este período, el 30% de la flota de camiones regional podría pasar a ser eléctrica u otras fuentes de combustible con bajas emisiones de carbono. El transporte activo podría representar el 25% de los viajes en áreas urbanas y el 15% en comunidades suburbanas, casi duplicando los objetivos del período anterior.

Ampliar la red de transporte público y las comunidades orientadas al transporte: La estrategia de mediano plazo prevé una expansión significativa de las líneas BRT en toda la región para crear una red integral que sirva tanto a las comunidades urbanas y suburbanas. Estos corredores mejorados priorizarían los vehículos de tránsito a través de carriles exclusivos, prioridad de señales y ubicación estratégica de estaciones; reducirían los tiempos de viaje y mejorarían la confiabilidad. Algunas rutas podrían alinearse con corredores ferroviarios interurbanos eléctricos históricos que sirvieron al noreste de Ohio a principios del siglo XX.

La conectividad regional podría convertirse en una realidad mediante la implementación de cinco conexiones de tránsito entre condados que brinden un servicio de 30 minutos en horas pico para unir de manera efectiva entornos de empleo, instituciones educativas y distritos comerciales a través de las fronteras. Estas conexiones se basarían en los primeros éxitos del período a corto plazo (2025-2030) y ampliarían la frecuencia del servicio y el área de cobertura. Los principales nodos de tránsito deberían incluir opciones robustas de micromovilidad, como bicicletas eléctricas, scooters y programas de bicicletas compartidas, para abordar los desafíos de conexión de "última milla" que históricamente han limitado la adopción del tránsito en áreas de menor densidad.

La accesibilidad será primordial en este período, con paradas de tránsito ubicadas a no más de 0,25 millas de la infraestructura peatonal segura. Esta proximidad garantiza que la mayoría de los usuarios del transporte público puedan acceder a los servicios de forma segura y cómoda independientemente de su edad o capacidad. La región también podría completar la integración de las redes de tránsito y ciclismo, con el 100% de los vehículos de tránsito equipados con adaptaciones para bicicletas, como portabicicletas a bordo o áreas de almacenamiento dedicadas.

Redes integrales de transporte activo: La implementación de la política "Visión Cero" en los cinco condados establecería un compromiso a nivel regional para eliminar las muertes y las lesiones graves por accidentes de tránsito. Este cambio en la filosofía de planificación del transporte priorizaría la seguridad por sobre el rendimiento vehicular, particularmente para los usuarios vulnerables de la carretera. *El Plan para la Seguridad del Transporte de NOACA (Plan SAVE)* tiene como objetivo salvar vidas en el MSA identificando acciones para reducir los accidentes más graves.²⁹⁰ *SAVE* adopta la visión de que las muertes y lesiones causadas por el tránsito se pueden prevenir mediante una planificación, políticas y programas adecuados. El objetivo a largo plazo es reducir el número de muertes y lesiones graves en un 50% para el año 2040. Una red de transporte más segura requiere que las partes interesadas aborden la interacción entre la infraestructura, los vehículos y las habilidades y el comportamiento de los viajeros. El Plan SAVE incorpora un enfoque de "6 E" (**Figura 33**) en el proceso de planificación de seguridad; los autores reconocen los roles clave que desempeñan la ingeniería, la educación, la aplicación de la ley, la respuesta a emergencias, la evaluación y la equidad para prevenir accidentes graves y salvar vidas.

Figura 33: Las seis E de la seguridad en el transporte



Diez (10) zonas designadas como prioridad para peatones en los centros vecinales de toda la región mejorarían la experiencia peatonal. Estas áreas podrían incluir cruces mejorados, velocidades vehiculares reducidas, servicio de tránsito frecuente, aceras más anchas y mejoras en el paisaje urbano para crear espacios públicos vibrantes y transitables que respalden los negocios locales y la interacción comunitaria.

Las ciudades tradicionales y los suburbios del primer anillo deben crear redes peatonales continuas, que se extiendan desde paradas y estaciones de tránsito que presten servicio a residentes de todas las edades y capacidades. En este período, la región podría completar 25 millas adicionales de infraestructura para bicicletas protegida para todas las estaciones, específicamente destinada a conectar destinos urbanos y suburbanos. Esta infraestructura adicional para bicicletas permite desplazamientos fluidos en bicicleta entre zonas residenciales y centros de empleo. Los

suburbios del anillo exterior podrían centrarse en caminos multiuso de ocho pies a lo largo del 100% de las calles conectoras para acomodar tanto a peatones como a ciclistas en áreas donde las instalaciones separadas pueden no ser factibles debido a restricciones de derecho de paso o patrones de desarrollo de menor densidad. Estas vías crearían opciones seguras de transporte activo en comunidades que tradicionalmente han dependido del automóvil.

Las zonas rurales podrían realizar mejoras significativas en su infraestructura con arcenes pavimentados de un mínimo de cuatro pies de ancho en todas las rutas estatales y del condado. Estos arcenes mejorados proporcionarían un espacio crucial para ciclistas y peatones en zonas donde las instalaciones dedicadas son menos comunes, a la vez que mejoran la durabilidad de las carreteras y la seguridad para todos los usuarios.

A medio plazo, se podría completar una red regional de bicicletas protegidas de 150 millas para conectar todas las cabeceras de condado con infraestructura ciclista de alta calidad y apta para todo tipo de clima. La red podría seguir corredores panorámicos siempre que sea posible para servir tanto al transporte como a fines recreativos, a la vez que muestra los atractivos naturales de la región y fortalece las conexiones entre las comunidades.

7.5.4.4. Estrategias de reducción de VMT a largo plazo (2040-2050)

Para 2040, el MSA podría perseguir objetivos sustancialmente más ambiciosos a medida que evolucionen los sistemas de transporte y los patrones de uso de la tierra. El VMT de pasajeros podría reducirse en un 30%, lo que representa una transformación en la forma en que los residentes se desplazan por la región. El transporte de mercancías por carretera (VMT) podría reducirse entre un 15 y un 20 % mediante mejoras continuas de la eficiencia y nuevos cambios modales hacia el transporte ferroviario y acuático. El transporte activo podría convertirse en el modo de transporte predominante para muchas comunidades, llegando a representar potencialmente el 40% de los viajes en áreas urbanas, el 25% en comunidades suburbanas y el 10% en centros rurales.

Mecanismos de financiación sostenible: La estrategia a largo plazo debería incluir un cambio fundamental en los modelos de financiación del transporte. La región podría establecer sistemas tributarios basados en VMT para reemplazar los impuestos a la gasolina, con tasas diferenciadas para vehículos de carga y de pasajeros, dados sus diferentes impactos en la infraestructura y las emisiones. ODOT ha convocado discusiones sobre este tema, pero su implementación requeriría una acción a nivel estatal. Este enfoque generaría ingresos sostenibles a medida que mejore la eficiencia de los vehículos y los combustibles alternativos se vuelvan más omnipresentes. Además, se podrían implementar mecanismos integrales de tarificación vial basados en la hora del día, la ubicación y la ocupación del vehículo, lo que crearía incentivos financieros que reducirían aún más los viajes innecesarios y alentarían los viajes con mayor ocupación.

Redes de transporte activo mejoradas: La infraestructura para bicicletas podría evolucionar hacia una nueva clasificación dentro de la planificación del transporte regional, y las "autopistas para bicicletas" podrían ganar reconocimiento como una clase de infraestructura distinta. Estas instalaciones priorizarían las conexiones directas entre los principales destinos con separación de niveles en intersecciones concurridas y protección contra el clima en segmentos clave. Las comunidades pueden alejarse de las métricas LOS a alternativas, en asociación con ODOT, bajo su Evaluación de Usuarios Vulnerables de la Carretera, reformulando fundamentalmente la evaluación de proyectos de transporte.²⁹¹

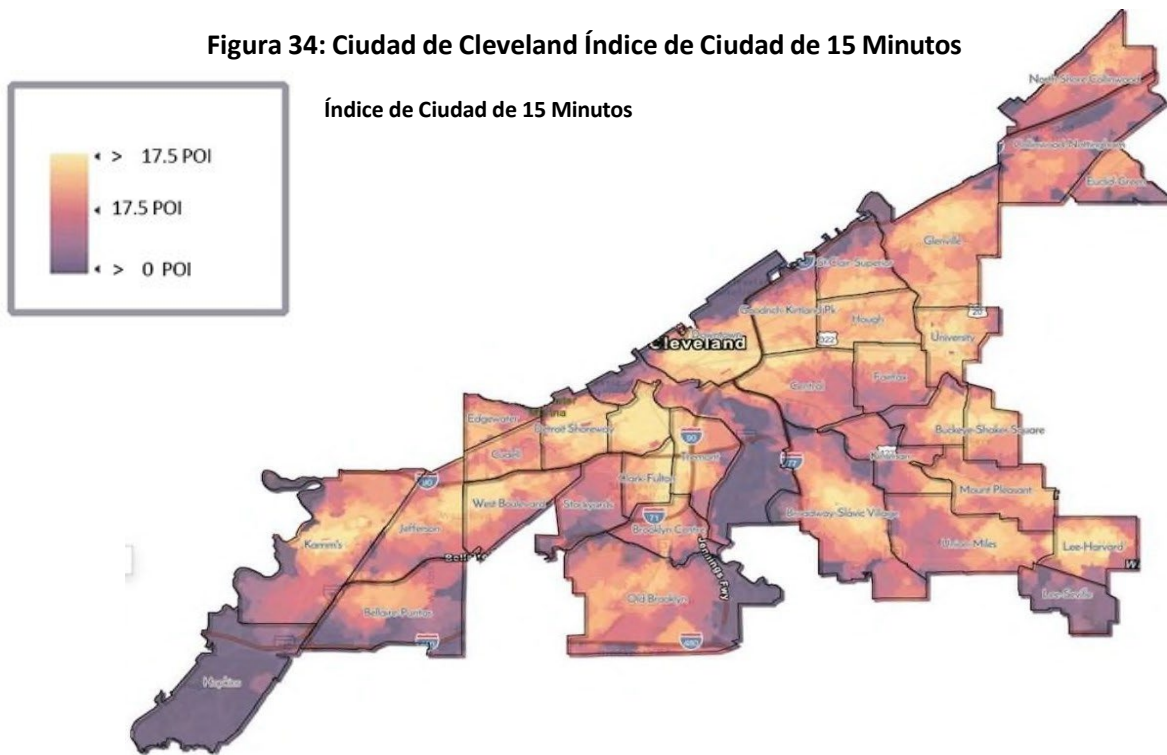
Este cambio de paradigma podría respaldar el desarrollo de una ambiciosa red de 300 millas de autopistas para bicicletas protegidas y acondicionadas a lo largo del MSA. Esta red podría incluir segmentos cubiertos en áreas urbanas, superficies calefaccionadas para viajes en invierno y sistemas de iluminación inteligentes que respondan a los patrones de uso. Cada distrito escolar de la región podría implementar programas integrales de SRTS, eliminando potencialmente la necesidad de servicio de autobús dentro de un radio de una milla de muchas escuelas. Estas iniciativas, combinadas con esfuerzos anteriores, harán avanzar los objetivos de Visión Cero, eliminando lesiones graves y muertes para todos los usuarios de la carretera.

Sistemas de tránsito avanzados y comunidades orientadas al tránsito: A largo plazo, el MSA debería integrar una estación ferroviaria interurbana al sistema de tránsito intermodal de la región, mejorando potencialmente la conexión de Cleveland a la red ferroviaria nacional de pasajeros con un servicio de alta frecuencia a Chicago, Pittsburgh, Columbus y Detroit. Esta conexión podría catalizar el desarrollo alrededor de las áreas de la estación y mejorar la posición de la región en el corredor económico del Medio Oeste.

Los barrios urbanos podrían evolucionar hasta convertirse en "barrios de 15 minutos", donde los residentes puedan acceder a sus necesidades diarias sin necesidad de subirse a un coche. Este concepto podría realizarse en aproximadamente el 75% de las áreas urbanas de toda la región. La abundancia de estacionamientos en superficie en toda la región proporciona un "banco de tierra" sin explotar que las comunidades pueden reutilizar, con un potencial 30% del estacionamiento existente convertido en viviendas, espacios abiertos y usos comerciales para mejorar la vitalidad de la comunidad y aumentar la base impositiva.

La Comisión de Planificación de la Ciudad de Cleveland ha adoptado un modelo de ciudad de 15 minutos, basado en un índice de Ciudad de 15 Minutos (**Figura 34**). Este índice destaca cuántos puntos de interés (por ejemplo, guarderías, cafés, supermercados, bibliotecas, escuelas, paradas de transporte público) se encuentran a poca distancia a pie.²⁹² Si bien el modelo de vecindario de 15 minutos puede no ser viable en muchas partes de la región, identificar nodos en los cinco condados donde los residentes puedan elegir un estilo de vida más compacto y conveniente ayudaría a reducir las emisiones de VMT.

Figura 34: Ciudad de Cleveland Índice de Ciudad de 15 Minutos



Para 2050, la tecnología de tránsito podría avanzar significativamente y potencialmente incluir vehículos de tránsito automatizados que operen en carriles exclusivos dentro de los corredores principales. Estos sistemas proporcionarían una mayor frecuencia, menores costos operativos y una mayor confiabilidad. Las zonas rurales podrían beneficiarse de servicios integrales de movilidad a demanda que utilicen vehículos más pequeños y rutas flexibles para conectar a los residentes con centros de tránsito regionales y destinos locales.

Transformación de sistemas: Es probable que la transformación de los patrones de trabajo continúe, y potencialmente hasta el 50% de los trabajadores de oficina adoptarán un modelo remoto o híbrido que reduzca

significativamente los viajes de ida y vuelta.²⁹³ Este cambio permitiría reutilizar el espacio de oficinas en áreas del centro y parques de oficinas suburbanos para desarrollos residenciales y de uso mixto. La región requerirá viviendas nuevas para reemplazar las estructuras residenciales más antiguas que llegan al final de su vida útil, independientemente de las tendencias demográficas. Los desarrolladores deberían construir nuevas unidades residenciales en áreas de la región con buen servicio de transporte público para lograr VMT. Esto ya ocurre: un tercio del nuevo desarrollo en el condado de Cuyahoga entre 2019 y 2024 se realizó en TOD.²⁹⁴ Las regulaciones de desarrollo podrían requerir resultados neutrales en términos de VMT para todas las construcciones nuevas, lo que significa que cualquier proyecto que generara viajes adicionales de vehículos necesitaría implementar medidas de mitigación para compensar este aumento. Estas medidas podrían incluir financiación para ampliar el servicio de transporte, infraestructura para bicicletas, viviendas asequibles cerca de centros de empleo y contribuciones a servicios de movilidad regionales.

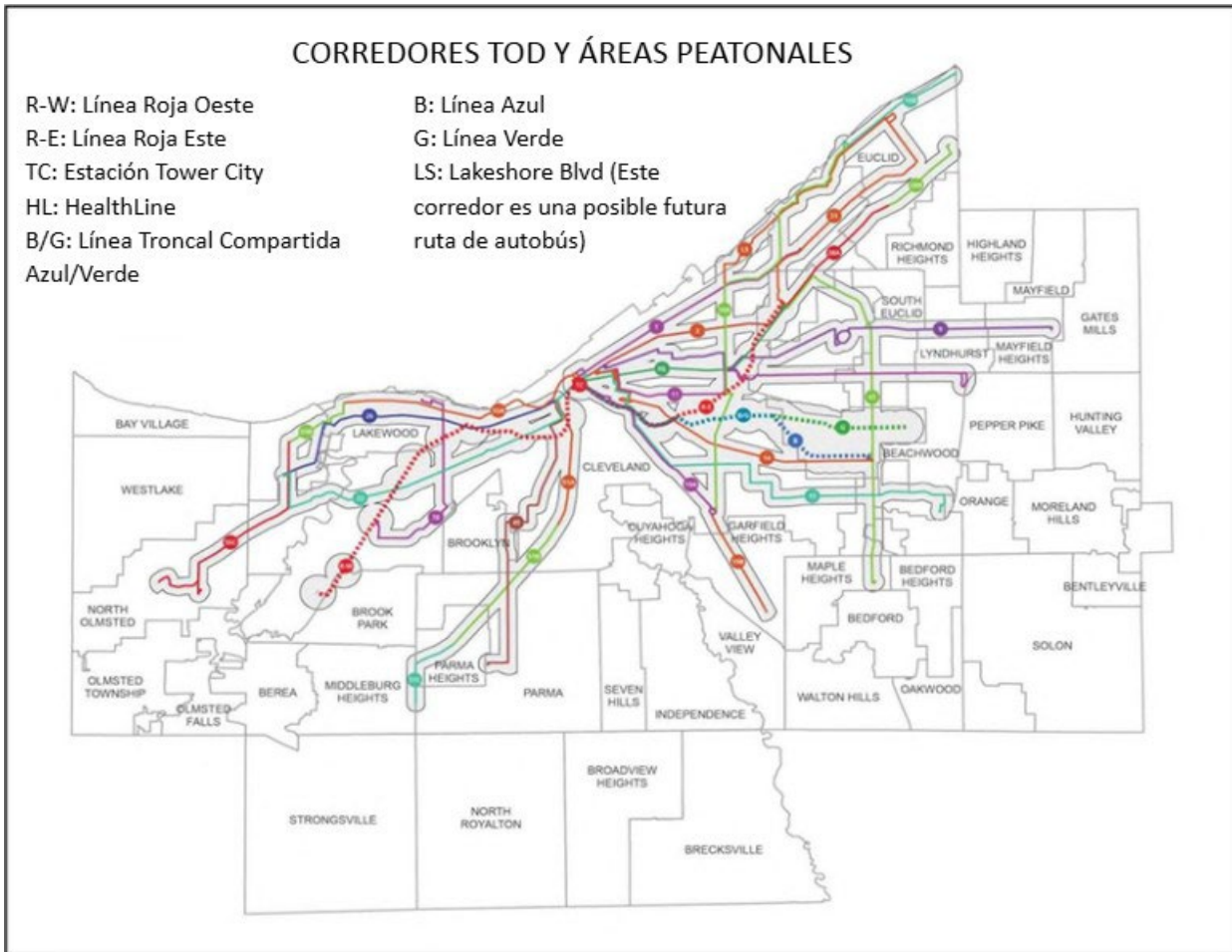
7.5.4.5. Oportunidades de desarrollo orientado al tránsito (DOT)

El TOD es un enfoque eficaz para reducir las VMT y mejorar la calidad de vida y la vitalidad económica. El Área Metropolitana de Cleveland-Elyria, con su infraestructura de tránsito existente y diversas tipologías de comunidades, tiene oportunidades para estrategias de desarrollo urbano sostenible adaptadas a los contextos locales. Los patrones de desarrollo bien establecidos de la región no cambiarán rápidamente, pero los siguientes enfoques se implementarán con el tiempo.

Desarrollo basado en corredores: El desarrollo a lo largo de corredores de tránsito clave conectará importantes centros de empleo, instituciones educativas y destinos culturales. Estos corredores incluyen líneas ferroviarias y BRT existentes y posibles rutas de autobús futuras con servicio frecuente (intervalos de <30 minutos). Las actualizaciones de zonificación específicas serán esenciales para concentrar el desarrollo alrededor de las estaciones de tren y las principales paradas de autobús, al tiempo que mantienen la compatibilidad con los vecindarios circundantes.

En 2017, GCRTA creó pautas generales para desarrollos TOD, incluidas recomendaciones técnicas para comunidades basadas en la densidad, la combinación adecuada de uso de la tierra, la orientación y la conectividad general. En 2017, NOACA completó un cuadro de mando y un plan de implementación del DOT. La Comisión de Planificación del Condado de Cuyahoga (CCPC) se basó en este trabajo a través de un estudio TOD de cuatro partes, que incluye una superposición de zonificación TOD modelo y corredores TOD prioritarios (**Figura 35**).²⁹⁵ En conjunto, estos estudios, planes y herramientas establecen una base sólida para los proyectos TOD en el condado de Cuyahoga y en todo el MSA.

Figura 35: Corredores TOD del condado de Cuyahoga



Coordinación interjurisdiccional: Muchos corredores de tránsito cruzan límites municipales, lo que crea desafíos y oportunidades para el desarrollo coordinado. La región debería ampliar las políticas existentes para que múltiples jurisdicciones colaboren en los esfuerzos de planificación y compartan equitativamente los beneficios fiscales del DOT. Esto podría incluir acuerdos de reparto de la base impositiva, autoridades de desarrollo conjunto y programas de inversión en infraestructura regional para garantizar que todas las comunidades se beneficien del crecimiento orientado al transporte público.

Soluciones de primera/última milla: Incluso los mejores sistemas de transporte llegan directamente sólo a una parte de los pasajeros potenciales. Las soluciones integrales de primera y última milla (incluidos centros de movilidad con opciones de micromovilidad, infraestructura peatonal mejorada y transporte vecinal) pueden ampliar significativamente el alcance efectivo de las principales líneas de transporte. Estas conexiones multiplican el impacto de las inversiones en transporte público y hacen que los estilos de vida sin automóvil o con poco automóvil sean viables para más residentes. Sin embargo, algunas de estas soluciones, como el microtránsito y los servicios de transporte vecinal, pueden no ser siempre opciones rentables.

Asociaciones entre instituciones de anclaje y empleadores importantes: El Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria se beneficia de numerosas instituciones importantes, incluidas universidades de primer nivel,

sistemas de atención médica, organizaciones culturales y grandes empleadores. La asociación con estas instituciones fundamentales en la implementación del DOT aceleraría significativamente el progreso. Estas asociaciones, que ya existen en University Circle y se pueden replicar en otras partes de la región, incluyen programas de vivienda asistidos por empleadores (como asistencia para el pago inicial), subsidios para pases de transporte, acuerdos de estacionamiento compartido o iniciativas de desarrollo coordinadas que conectan los campus institucionales con los vecindarios circundantes a través del transporte público.

Estrategias de desarrollo sostenible a corto plazo (2025-2030): En el corto plazo, la región puede centrarse en los activos de tránsito existentes y en la preparación para una futura expansión:

- Inventario de tierras públicas y disposición estratégica: Identificar parcelas prioritarias (incluidas las de propiedad pública y los bancos de tierras) dentro de media milla de estaciones de tránsito de alta capacidad y desarrollar planes de disposición estratégica que prioricen la vivienda asequible, el desarrollo de uso mixto y la creación de empleo.
- Distritos de superposición TOD: Establecer distritos superpuestos TOD en áreas de estaciones clave que reduzcan los requisitos de estacionamiento, agilicen los procesos de aprobación para proyectos que cumplan con los criterios TOD e incentiven la inclusión de viviendas asequibles. La superposición de zonificación del modelo CCPC representa un recurso importante para las comunidades de todo el MSA.²⁹⁶
- Iniciativas de vivienda de instituciones ancla: Utilizar la iniciativa Greater Circle Living establecida en University Circle como modelo para asociarse con los principales empleadores a lo largo de los corredores de tránsito.²⁹⁷ Desarrollar programas de vivienda asistidos por el empleador que alienten a los empleados a vivir cerca del transporte público y reduzcan las distancias de viaje.
- Planificación del área de la estación: Continuar y acelerar la creación de planes integrales para las áreas de las estaciones de tránsito rápido que identifiquen oportunidades de desarrollo, mejoras de infraestructura necesarias y estrategias de implementación, en coordinación con las ciudades y las autoridades de tránsito.
- Distritos de financiamiento del incremento de impuestos (TIF): Establecer distritos TIF alrededor de estaciones de tránsito clave para capturar valor y reinvertir en mejoras de infraestructura que respalden la transitabilidad y el desarrollo. El Programa de Préstamos TOD del Condado de Cuyahoga también proporciona un mecanismo de financiación importante para proyectos TOD y podría ser un modelo para otros condados.²⁹⁸

Estrategias de desarrollo sostenible a mediano plazo (2030-2040): A medida que los nodos TOD iniciales maduran y el servicio de tránsito se expande, las estrategias a mediano plazo deberían centrarse en conexiones más fuertes entre los nodos y la expansión del TOD a más comunidades:

- Reforma del estacionamiento que apoya el transporte público: Implementar reformas integrales de estacionamiento en toda la región, incluidos requisitos máximos de estacionamiento en áreas con alto uso de transporte, acuerdos de estacionamiento compartido y distritos con beneficios de estacionamiento que financien mejoras locales.
- Fondos de vivienda del corredor de tránsito: Establecer mecanismos de financiamiento específicos para apoyar el desarrollo y la preservación de viviendas asequibles dentro de los corredores de tránsito, posiblemente a través de tarifas de vinculación en el desarrollo comercial o medidas de bonos.
- Programas de desarrollo conjunto: Crear programas formales de desarrollo conjunto entre agencias de

tránsito y municipios que aprovechen las propiedades de tránsito para desarrollos de uso mixto e ingresos mixtos.

- Intensificación del corredor BRT: A medida que el BRT se expande por toda la región, se deben rezonificar de manera proactiva los corredores para acomodar densidades que favorezcan el tránsito antes de que aumenten los valores de los terrenos.
- Programa regional de certificación TOD: Desarrollar un proceso de certificación para proyectos TOD que cumplan con criterios específicos de densidad, asequibilidad y diseño, y que sean elegibles para permisos acelerados, exenciones de tarifas y otros incentivos para los proyectos certificados.²⁹⁹
- Centros de movilidad: Implementar centros de movilidad integrales en estaciones de tránsito clave que integren varios modos de transporte (tránsito, bicicletas compartidas, automóviles compartidos, scooters, etc.) con comodidades y servicios comunitarios.

Estrategias a largo plazo (2040-2050): Las estrategias a largo plazo deben centrarse en la transformación de los sistemas y la creación de comunidades verdaderamente orientadas al transporte público en toda la región:

- Sistema regional de captura de valor: Establecer un sistema regional de captura de valor que redirija una parte del valor de desarrollo creado por las inversiones en tránsito hacia viviendas asequibles, mejoras en el espacio público y mejoras en el servicio de tránsito.
- Transición de corredores autoorientados: Transformar los antiguos corredores comerciales orientados al automóvil en corredores de tránsito de uso mixto a través de estrategias de reurbanización integrales, que potencialmente incluyan la conversión del exceso de capacidad vial en carriles de tránsito y parques lineales. Estos esfuerzos requerirían una financiación significativa y el apoyo de las comunidades circundantes.
- Programa de conversión de estacionamientos: Implementar un programa formal para convertir estructuras y lotes de estacionamiento subutilizados en áreas con alto tránsito en viviendas, espacios públicos y usos comunitarios a medida que disminuye la demanda de estacionamiento.
- Red de barrios de 15 minutos: Aprovechar los nodos TOD exitosos para crear una red interconectada de "barrios de 15 minutos" donde los residentes puedan acceder a sus necesidades diarias con una corta caminata o paseo en bicicleta.
- Red de alimentación de tránsito automatizado: Implementar servicios de transporte automatizados como alimentadores de líneas de tránsito de alta capacidad para expandir significativamente el alcance del sistema de tránsito.

Herramientas de implementación para distritos especiales: La implementación exitosa del DOT a gran escala puede requerir herramientas especializadas de gobernanza y financiamiento que trasciendan los límites municipales tradicionales:

- Distritos con beneficios de tránsito: Crear distritos de evaluación especiales (similares a los distritos de mejoras especiales) alrededor de las estaciones de tránsito donde los propietarios contribuyan a las mejoras y operaciones del área de la estación que beneficien sus propiedades.
- Clasificación TOD en los Bancos de Tierras: Establecer divisiones dentro de los bancos de tierras existentes centrados en corredores de tránsito que puedan reunir y contener propiedades para un futuro desarrollo que apoye el tránsito.
- Distribución de impuestos entre jurisdicciones: Implementar acuerdos de reparto de la base impositiva

entre municipios a lo largo de los corredores de tránsito para garantizar que los beneficios del desarrollo del área de la estación se distribuyan de manera equitativa.

- Distritos de financiación de infraestructura: Formar distritos especiales que puedan emitir bonos contra futuros ingresos fiscales para financiar los costos iniciales de infraestructura necesarios para apoyar un desarrollo de mayor densidad en torno al transporte público.
- Fondo Regional TOD: Crear un fondo regional dedicado que proporcione financiamiento favorable para viviendas de ingresos mixtos y desarrollos de uso mixto dentro de los corredores de tránsito. El Programa de Préstamos TOD del Condado de Cuyahoga representa un primer paso hacia dicho fondo.

La implementación de estas estrategias a lo largo del tiempo y la adaptación a las características únicas de las diferentes comunidades en todo el MSA pueden hacer del TOD una herramienta poderosa para la reducción de VMT y crear comunidades más vibrantes, equitativas y sostenibles.

7.5.5. Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del sector de transporte y fuentes móviles

Las reducciones de emisiones en el sector del transporte están impulsadas principalmente por la adopción a gran escala de vehículos y combustibles más limpios para su uso en carretera. En el escenario de implementación óptimo, la electrificación de vehículos ferroviarios y no de carretera reduce las emisiones de esos segmentos a cero, mientras que el uso de combustibles sostenibles en aplicaciones marinas y de aviación reduce las emisiones hasta en un 95% para esos modos. La **Tabla 28** desglosa las reducciones de GEI por segmento para este sector.

7.5.5.1. Reducción de emisiones de GEI del transporte y fuentes móviles

Tabla 28: Medidas de reducción de GEI de fuentes de transporte y móviles por segmento

Segmento	Emisiones BAU 2050 (MMTCO _{2e})	Medidas de reducción de emisiones para 2050 (MMTCO _{2e})	Reducción de emisiones (%)
Vehículos de gasolina para carretera	3,90	0,04	99%
Vehículos diésel de carretera	1,29	0,01	99%
Aviación	0,42	0,02	95%
Marítimo	0,21	0,01	95%
Carril	0,16	0	100%
Vehículos no de carretera	0,08	0	100%
Total	6,06	0,08	99%

7.5.5.2. Cobeneficios de las medidas de transporte y fuentes móviles

Beneficios colaterales de la calidad del aire: Uno de los principales beneficios colaterales de las estrategias de descarbonización del transporte es la reducción asociada de contaminantes atmosféricos nocivos. Disminución de PM_{2,5}, SO₂, El NO_x y los COV pueden proporcionar importantes beneficios para la salud pública. La **Tabla 29** desglosa los beneficios para la calidad del aire de las medidas de reducción de emisiones en este sector. Este análisis supone que el 99% de los vehículos en circulación son eléctricos y que el VMT disminuirá un 30% para 2050, en relación con el caso BAU.

Tabla 29: La calidad del aire beneficia conjuntamente a las medidas del sector de transporte y fuentes móviles

Segmento	Reducción de SO ₂ (toneladas)	Reducción de NO _x (Montones)	Reducción de COVs (Montones)	Reducción de PM _{2,5} (Montones)	Costos de salud anuales evitados
Vehículos de carretera	39,2	1.183,8	48,2	7,2	30,7 millones de dólares
Aviación, Marítimo y Ferrocarril	33,1	2.093,3	83,2	50,5	77,2 millones de dólares
Vehículos no de carretera	1,0	99,1	7,2	1,2	2,8 millones de dólares
Total	73,3	3.376,2	138,6	58,9	110,7 millones de dólares

Beneficios colaterales para la seguridad vial: Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muerte y lesiones en todo el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria. Entre 2020 y 2024, hubo 812 muertes por accidentes de tránsito en el MSA, un promedio de 162 por año.³⁰⁰ La mayor proporción de estas muertes ocurre en el condado de Cuyahoga (64%). Desde 2020, la cantidad y la tasa de accidentes de tránsito fatales han aumentado en el área estadística metropolitana de Cleveland-Elyria, lo que refleja una tendencia nacional. En 2014, Ohio experimentó 0,89 muertes por cada cien millones de millas recorridas por vehículos (HMVMT); para 2022, esta tasa aumentó un 28% a 1,14.³⁰¹

Alcanzar el objetivo del CCAP de reducir el VMT en un 15% hasta 2030 y en un 30% hasta 2050 reducirá significativamente el número de personas heridas y muertas en las carreteras de la región. Para evaluar estos beneficios, el personal comparó el VMT proyectado para el período 2025-2050 en un escenario BAU y en un escenario en el que el VMT disminuyó de manera lineal para cumplir con los objetivos del CCAP. Este análisis

supone que las tasas de mortalidad y lesiones graves por HMVMT se mantendrán en los niveles de 2022, que fueron 1,144 y 6,703, respectivamente. Para una metodología más detallada, consulte el Apéndice A.

Los resultados de este análisis aparecen en la **Tabla 30**. Entre 2025 y 2050, el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria evitaría un total de 7.371 lesiones graves y 1.258 muertes por accidentes de tránsito debido a la reducción de VMT. En el Capítulo 8 aparece más información sobre los beneficios de esta reducción de accidentes, junto con los posibles inconvenientes derivados del aumento de accidentes entre ciclistas y peatones.

Tabla 30: La seguridad vial se beneficia de la reducción de VMT en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

Condado	Muertes por accidentes de tráfico evitadas anualmente (2030)	Muertes por accidentes de tráfico evitadas anualmente (2050)	Muertes por accidentes de tráfico evitadas acumuladas (2025-2050)	Lesiones graves anuales evitadas (2030)	Lesiones graves anuales evitadas (2050)	Lesiones graves acumuladas evitadas (2025-2050)
Cuyahoga	24	26	685	143	154	4.016
Geauga	2	4	74	13	24	435
Lake	4	5	132	26	30	775
Lorain	6	10	207	36	60	1.212
Medina	5	8	159	28	45	933
Total del AMS	42	53	1.258	246	313	7.371

Beneficios colaterales de la actividad física: Aumentar la proporción de residentes que utilizan la bicicleta y caminan para desplazarse también aportará importantes beneficios adicionales derivados de la actividad física. Las investigaciones demuestran los amplios beneficios que aporta el transporte activo a la salud pública, incluida la reducción del riesgo de mortalidad prematura, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y mortalidad relacionada con el cáncer.³⁰² Permitir que más residentes accedan a una infraestructura segura para el transporte activo será vital en una región donde casi una cuarta parte de los adultos (23,6%) informaron no realizar ninguna actividad física en su tiempo libre durante 2024.³⁰³

Reducir el VMT en un 15% hasta 2030 y en un 30% hasta 2050 aumentará significativamente la proporción de residentes que realizan actividad física en todo el MSA. Para evaluar estos beneficios, el personal asumió que la proporción de VMT reducida hasta 2030 y 2050 se trasladará a otros modos de viaje en proporción a su proporción en modos de desplazamiento durante 2022.³⁰⁴ Este análisis utilizó estimaciones de actividad física por persona y milla de caminata y ciclismo de la Iniciativa de Transporte y Clima (TCI), que se basan en la Herramienta de evaluación económica de la salud (HEAT) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para caminar y andar en bicicleta. Para una metodología más detallada, consulte el Apéndice A.

En la **Tabla 31** se muestran los resultados de este análisis. Como demuestran estos datos, los beneficios colaterales de una mayor actividad física son comparables a los beneficios anuales de una mejor calidad del aire derivada de todas las medidas del CCAP (véase el Cuadro 41). Sin embargo, estas cifras pueden subestimar los beneficios potenciales. Este análisis supone, por ejemplo, que sólo el 1,3% del VMT evitado se traslada al ciclismo; otros análisis sugieren que el ciclismo podría explicar el 10% o más de la reducción del VMT.³⁰⁵ Además, este análisis no tiene en cuenta los beneficios que supone para la actividad física un mayor uso del transporte público. Las investigaciones demuestran que los usuarios del transporte público realizan más actividad física que otros viajeros, ya que frecuentemente caminan o van en bicicleta hacia y desde sus paradas.³⁰⁶ La información sobre los beneficios económicos de la actividad física aparece en la Sección 8.2.

Tabla 31: La actividad física se beneficia de la reducción de las VMT en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

Condado	Muertes prematuras anuales evitadas (2030)	Muertes prematuras anuales evitadas (2050)	Muertes prematuras acumuladas evitadas (2025-2050)
Cuyahoga	256	275	7.190
Geauga	15	28	502
Lake	34	40	1.028
Lorain	61	102	2.056
Medina	23	37	765
Total del AMS	389	482	11.541

Beneficios adicionales de la reducción de ruido: Los vehículos eléctricos ofrecen importantes beneficios colaterales en forma de reducción del ruido del tráfico, especialmente en entornos urbanos y residenciales. A diferencia de los vehículos con motor de combustión interna, los vehículos eléctricos producen significativamente menos ruido de propulsión a velocidades más bajas, donde el ruido del motor generalmente domina sobre el ruido de los neumáticos y del viento. Los estudios han demostrado que los vehículos eléctricos pueden reducir el ruido de paso promedio entre 4 y 5 decibeles en condiciones urbanas en comparación con los vehículos convencionales.³⁰⁷ Esta reducción del ruido contribuye a mejorar la calidad de vida y los resultados de salud pública, ya que la exposición crónica al ruido del transporte se ha relacionado con enfermedades cardiovasculares, alteraciones del sueño y deterioro del desarrollo cognitivo en los niños.³⁰⁸ La electrificación de las flotas de vehículos, especialmente para el transporte público, el reparto y el uso municipal, puede ayudar a reducir estos riesgos y al mismo tiempo mejorar la habitabilidad y la accesibilidad de los espacios públicos.

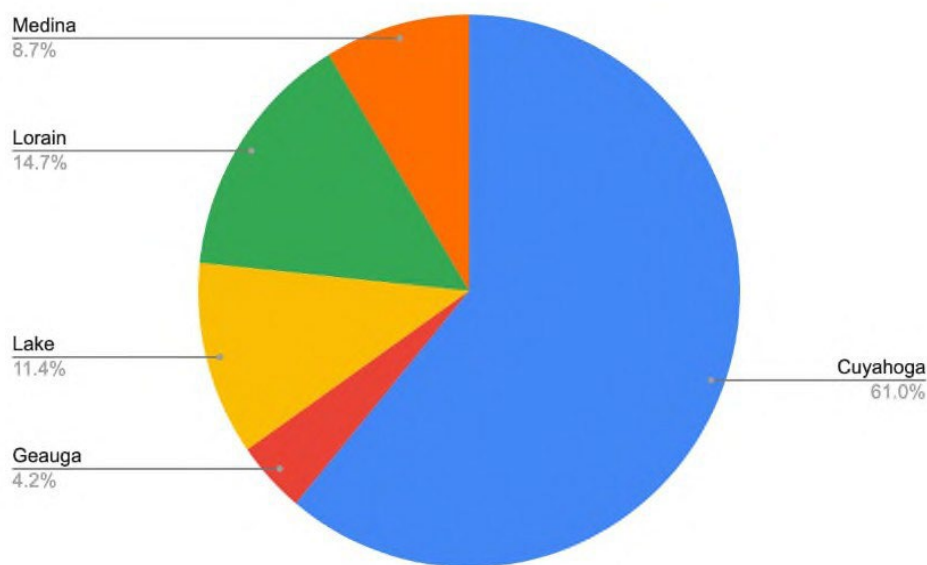
7.6. Sector de gestión de residuos y materiales

Alcanzar cero emisiones netas en el sector de gestión de residuos y materiales es importante para alcanzar los objetivos de emisiones del Área Estadística Metropolitana de Cleveland- Elyria. El sector representa el 9,5% del total de GEI en el MSA, con un 5% proveniente de residuos sólidos, un 4% de HFC (refrigerantes) y un 0,5% de agua y aguas residuales. En esta sección se describen estrategias y políticas viables.

7.6.1. Contexto de MSA

Si bien las emisiones de gestión de residuos y materiales se encuentran en cada uno de los cinco condados, la distribución de esas emisiones no es igual para cada condado. La **Figura 36** muestra las emisiones industriales totales en cada uno de los cinco condados durante 2022. El condado de Cuyahoga es responsable del 61% de las emisiones de este sector, ya que genera significativamente más desechos que cualquiera de los otros condados y alberga 19 vertederos en comparación con uno en el condado de Geauga, uno en el condado de Lake, cuatro en el condado de Lorain y dos en el condado de Medina.

Figura 36: Emisiones de GEI del sector de gestión de residuos y materiales por condado (2022)



7.6.2. Desafíos y obstáculos para la descarbonización del residuos

El mayor desafío es que las emisiones se deben en gran medida a los procesos biológicos asociados con la descomposición de los residuos en un vertedero o en una planta de tratamiento de aguas residuales.³⁰⁹ Estas emisiones de procesos solo se pueden evitar mediante la reducción de residuos, por lo que las soluciones requieren la captura de emisiones de procesos. Los sistemas de captura pueden tener costos de capital iniciales elevados. Las soluciones para reemplazar refrigerantes con alternativas amigables con el clima y crear programas para desechar adecuadamente los equipos que utilizan HFC al final de su vida útil requieren inversiones en capacitación, educación e infraestructura.³¹⁰

7.6.3. Historias de éxito y oportunidades locales

El tratamiento y la eliminación de subproductos de desechos industriales son una parte crucial de la salud ambiental. Varias instalaciones de gestión de residuos en el noreste de Ohio han implementado medidas para tratar los residuos de una manera coherente con ambiciosos objetivos de sostenibilidad. El Distrito de Alcantarillado Regional del Noreste de Ohio (NEORS) presentó tres nuevos incineradores de lecho fluidizado que son de primera línea en lo que respecta a la sostenibilidad. Conservan gas natural y reducen las emisiones de GEI. Las actualizaciones de energía renovable en cada instalación capturan el calor residual para hacer girar turbinas que generan el 25% de las necesidades eléctricas de cada instalación. El proyecto le ahorra a NEORS entre 1 y 2 millones de dólares por año en costos de electricidad y reduce el consumo de gas natural en un 95%. Este tratamiento mejorado de los residuos biosólidos del proceso de tratamiento de aguas residuales no sólo maneja los residuos de forma más consciente, sino que también implementa medidas de sostenibilidad que generan energía.³¹¹

EDL es el propietario y operador de la instalación de gas natural renovable (RNG) de Lorain. Lorain RNG trabaja con el vertedero del condado de Lorain de Republic Services en Oberlin para convertir los gases residuales del vertedero en una fuente de combustible más limpia para la industria de servicios públicos de energía y vehículos comerciales ligeros. Lorain RNG tiene la capacidad de convertir gas rico en metano proveniente de vertederos en aproximadamente 1,6 MMBtu por año de RNG con calidad para tuberías. Esto ahorra el equivalente a unos 5,5 millones de galones de diésel al año cuando se utiliza en el transporte de vehículos. Esta instalación, la primera de su tipo en Oberlin, proporciona información sobre el tipo de estrategias de eliminación de residuos que también brindan beneficios sustentables para la industria y las comunidades.³¹²

7.6.4. Las medidas de reducción de emisiones del sector de gestión de residuos y materiales

Las siguientes secciones describen un conjunto completo de medidas de reducción de emisiones en todo este sector, que permitirán al Área Metropolitana de Cleveland-Elyria lograr un progreso inmediato y sostenido hacia sus objetivos de reducción de GEI a corto y largo plazo. Estas medidas corresponden a las medidas de captura de refrigerantes y desviación de residuos sólidos del PCAP; sin embargo, esta sección proporciona un conjunto más completo de medidas que descarbonizarán este sector en el largo plazo. Los residuos sólidos y refrigerantes generan el 96% de los GEI de este sector; sin embargo, el CCAP agrega medidas que se centran en el 4% restante de emisiones de Agua y Aguas Residuales. Las medidas de reducción de emisiones para este sector incluyen electrificación, apoyo a nuevas industrias, combustibles alternativos, eficiencia energética, eficiencia de procesos y materiales, energía renovable y captura y almacenamiento de carbono (CCUS).

7.6.4.1. Residuos sólidos

Los residuos sólidos son cualquier basura, lodo u otro material desechado que resulta de actividades industriales, comerciales, agrícolas o comunitarias. Los residuos sólidos no se limitan a los residuos físicamente sólidos; a menudo toman la forma de material líquido, semisólido o gaseoso contenido. La mayoría de las actividades humanas generan alguna producción de residuos sólidos.³¹³ La gestión de residuos sólidos incluye el manejo de residuos sólidos municipales y residuos peligrosos. El sector incluye vertederos, instalaciones de reciclaje, plantas de conversión de residuos en energía y centros de tratamiento de residuos peligrosos. Las

emisiones de esta industria provienen del metano de los vertederos (reacciones químicas), de los equipos de recolección y procesamiento alimentados con combustibles fósiles (transporte en el lugar) y de la incineración (generación de energía en el lugar).³¹⁴ Los métodos para la descarbonización de residuos sólidos son la electrificación, el apoyo a nuevas industrias y los combustibles alternativos.

Electrificación: Existen varias oportunidades para electrificar aspectos de la gestión de residuos sólidos. Actualmente, las compactadoras, clasificadoras y equipos de transporte funcionan con diésel, por lo que la electrificación reduciría las emisiones hasta en un 60%, disminuiría el ruido y mejoraría directamente la calidad del aire.³¹⁵ Además, algunos vertederos cuentan con calefacción a gas propano en sus instalaciones, lo que contribuye a sus emisiones.³¹⁶

Combustibles alternativos: Las flotas de recolección de basura actualmente funcionan con diésel. El cambio a vehículos eléctricos de batería o FCV de hidrógeno reduce las emisiones del transporte de residuos entre un 80 y un 90 % y mejora la salud de los trabajadores.³¹⁷

Nuevo apoyo a la industria: Muchos materiales reciclables todavía terminan en vertederos debido a la falta de infraestructura de procesamiento. Lo ideal sería que los materiales de desecho se reutilizaran por completo, se reciclaran o se convirtieran en energía en una economía de cero residuos.³¹⁸ Esto minimizaría no sólo la dependencia de los vertederos sino también la extracción de minerales crudos. Un aumento en las industrias de reciclaje y nuevas técnicas de reciclaje que puedan utilizar más artículos desechados reducirían las emisiones de los vertederos y de la industria debido a una menor demanda de materias primas.³¹⁹

En la actualidad, muchos vertederos queman o ventilan sus gases, lo que desperdicia energía potencial y emite metano. En cambio, la captura de gas de vertedero para producir gas natural renovable puede reducir las emisiones de los vertederos entre un 35 y un 90 por ciento y proporcionar una fuente de energía renovable que puede venderse a proveedores de gas natural o utilizarse en plantas de conversión de residuos en energía con un sistema CCUS.³²⁰ El vertedero de West Lorain en el condado de Lorain se asoció con EDL Energy para desarrollar una instalación de gas natural renovable que entró en funcionamiento en noviembre de 2024.³²¹

Además, el 24% de los residuos sólidos urbanos provienen de residuos alimentarios, y reduce el metano liberado por los vertederos y, a su vez, las emisiones totales, en un 58%.³²² Organizaciones como Rust Belt Riders ayudan a desviar los desechos alimentarios de los vertederos y existen muchas otras oportunidades para que las comunidades y las empresas participen en esta práctica.³²³ Los programas de compostaje comunitario, los acuerdos locales con restaurantes y un sistema para promover el compostaje en lugares públicos y en eventos

públicos son estrategias para reducir aún más este flujo de desechos.

7.6.4.2. Agua y aguas residuales

Los centros de tratamiento de agua y aguas residuales generan emisiones por el consumo de energía, los procesos biológicos y la incineración de residuos. El Centro de Tratamiento de Aguas Residuales del Sur de NEORSD y el Centro de Tratamiento de Aguas Residuales de Lakewood en el Condado de Cuyahoga son dos ejemplos de diferentes estrategias para utilizar los desechos para generar energía. Southerly instaló incineradores de lecho fluidizado que queman biosólidos para generar calor y energía para producir el 25% de la electricidad necesaria para el resto de la planta y reducir sus emisiones en un 80%.³²⁴ El Centro de Tratamiento de Aguas Residuales de Lakewood tiene digestores anaeróbicos que producen biogás, que luego queman para producir 100 kW de electricidad.³²⁵ Además, la planta de recuperación de agua Kenneth W. Hotz en el condado de Medina implementó un contrato de desempeño de diseño y construcción para realizar mejoras en sus instalaciones y utilizar los ahorros provenientes de una mayor eficiencia para pagar futuras mejoras.³²⁶ Estos cambios son los cambios más importantes en los que otros centros de tratamiento de aguas residuales deberían invertir para reducir las emisiones.



Fuente: Rust Belt Riders

Los métodos de descarbonización del subsector incluyen la eficiencia energética, la eficiencia de procesos y materiales, la energía renovable, los combustibles alternativos y la captura y almacenamiento de carbono (CCUS).

Eficiencia energética: Existen muchas oportunidades para reducir el consumo de energía en las instalaciones de tratamiento de agua y aguas residuales. Optimizar bombas, motores y otros dispositivos electromecánicos mediante ajustes de configuración, inversiones en controladores de motor variables o adiciones de automatización para variar las velocidades del motor según la demanda reducirá el consumo general de energía.³²⁷ La aireación es un paso fundamental en el tratamiento de aguas residuales, ya que favorece la descomposición microbiana, evita los olores, elimina el amoníaco y mantiene los sólidos suspendidos. La sustitución de los sopladores tradicionales por sopladores de suspensión magnética mejora la eficiencia de la aireación y reduce el consumo de energía entre un 20 y un 30 %.³²⁸ Los procesos de digestión e incineración generan calor y el uso de esta energía térmica con sistemas de cogeneración después del proceso puede ahorrar un 20% de energía.³²⁹

Eficiencia de procesos y materiales: La digestión anaeróbica descompone los materiales orgánicos sin oxígeno, lo que da lugar a una fermentación que produce biogás. Si la grasa se digiere junto con las aguas residuales en la digestión anaeróbica, podría duplicar la producción de energía.³³⁰

Energía renovable: Al sur, Lakewood, el condado de Medina y muchas otras instalaciones de la región tienen infraestructura para capturar y quemar gas. Un sistema de cogeneración relevante en otros lugares no sólo podría reducir significativamente las emisiones de la instalación, sino también generar cantidades significativas

de energía para la instalación y la comunidad en general. Los incineradores de lecho fluidizado queman biosólidos en un lecho caliente de arena. El calor recuperado puede generar energía o calor.³³¹ Estos incineradores son menos costosos de instalar que los digestores anaeróbicos, producen menos desechos después de la combustión y son mejores para la salud humana.³³² Los digestores anaeróbicos tienen microorganismos que descomponen la materia orgánica y, a través de un proceso de fermentación, producen biogás que genera calor y energía. Aunque ocupan más espacio, los digestores anaeróbicos son más eficientes en la recuperación de energía y tienen un impacto ambiental menor que los incineradores de lecho fluidizado.³³³ Los operadores de instalaciones de tratamiento de aguas residuales pueden elegir el enfoque que mejor se adapte a sus necesidades, recursos y objetivos.

Combustibles alternativos: Actualmente, el gas natural en incineradores de lecho fluidizado mantiene un ambiente de combustión óptimo. La sustitución del combustible auxiliar en incineradores fluidizados por hidrógeno o biogás eliminaría las emisiones derivadas de la combustión de gas natural.³³⁴

CCUS: Independientemente del uso de combustible auxiliar, los incineradores de lecho fluidizado siguen siendo un proceso de combustión que descompone la materia orgánica y, por lo tanto, emite CO₂. Un lecho de adsorción de carbono en incineradores podría capturar hasta el 88% de las emisiones de CO₂.³³⁵

7.6.4.3. HFC (refrigerantes)

Los HFC son refrigerantes utilizados en refrigeración y enfriamiento. Se utilizan principalmente en aire acondicionado, pero también en equipos médicos. La refrigeración consume una gran cantidad de energía: representa el 10% del consumo eléctrico mundial. Además, los HFC son mucho más potentes que el CO₂; algunos tienen un PCA muy superior a 1.000.³³⁶ Los métodos para descarbonizar este subsector son la eficiencia energética, los combustibles alternativos y la eficiencia de procesos y materiales.

Eficiencia energética: Los métodos de enfriamiento natural, como techos verdes o blancos, aislamiento, enfriamiento nocturno, sombra y temperaturas de funcionamiento reducidas pueden reducir la demanda de HFC y, por lo tanto, disminuir las emisiones. Si todos los sistemas de aire acondicionado estacionarios se sustituyeran por refrigerantes de máxima eficiencia, se estima que se produciría una mejora de la eficiencia del 40% para 2030.³³⁷ La prevención de fugas también mejoraría la eficiencia energética y reduciría las emisiones de HFC.

Combustibles alternativos: Los refrigerantes naturales como el CO₂, los hidrocarburos y el amoníaco son alternativas sostenibles a los HFC. Estos refrigerantes naturales tienen un bajo potencial de calentamiento global (PCG) y su uso podría reducir el consumo de energía, gas y agua y reducir los GEI.³³⁸

Eficiencia de procesos y materiales: Aproximadamente el 90% de los GEI de los refrigerantes son el resultado de fugas al final del ciclo de vida del refrigerante. Las personas podrían llevar las máquinas que utilizan refrigerantes, como unidades de aire acondicionado y refrigeradores, a instalaciones de gestión de refrigerantes al final de su vida útil para la destrucción del refrigerante y la prevención de emisiones. Tan solo un año de gestión adecuada de los refrigerantes al final de su vida útil, mediante su destrucción y reciclaje, puede ahorrar hasta 2.990 MMTCO₂e.³³⁹

7.6.5. Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones de la gestión de residuos y materiales

La descarbonización del sector de gestión de residuos y materiales reduce los co-contaminantes nocivos en la región. La herramienta COBRA de la EPA de EE. UU. cuantifica los beneficios para la salud derivados de la reducción de emisiones mediante el tratamiento de residuos sólidos y de agua y aguas residuales (véase la **Tabla 32**); los HFC no producen directamente los co-contaminantes dañinos evaluados con la herramienta COBRA.

Tabla 32: La calidad del aire se beneficia conjuntamente de las medidas del sector de gestión de residuos y materiales

Subsector	Reducción de SO ₂ (toneladas)	Reducción de NO _x (toneladas)	Reducción de COV (toneladas)	Reducción de PM _{2,5} (toneladas)	Costos de salud evitados
Residuos sólidos	19,3	272	42,4	40,8	17,4 millones de dólares
Agua y aguas residuales	7,61	29,1	1,4	5,27	2,1 millones de dólares
Total	27	301	44	46	19,5 millones de dólares

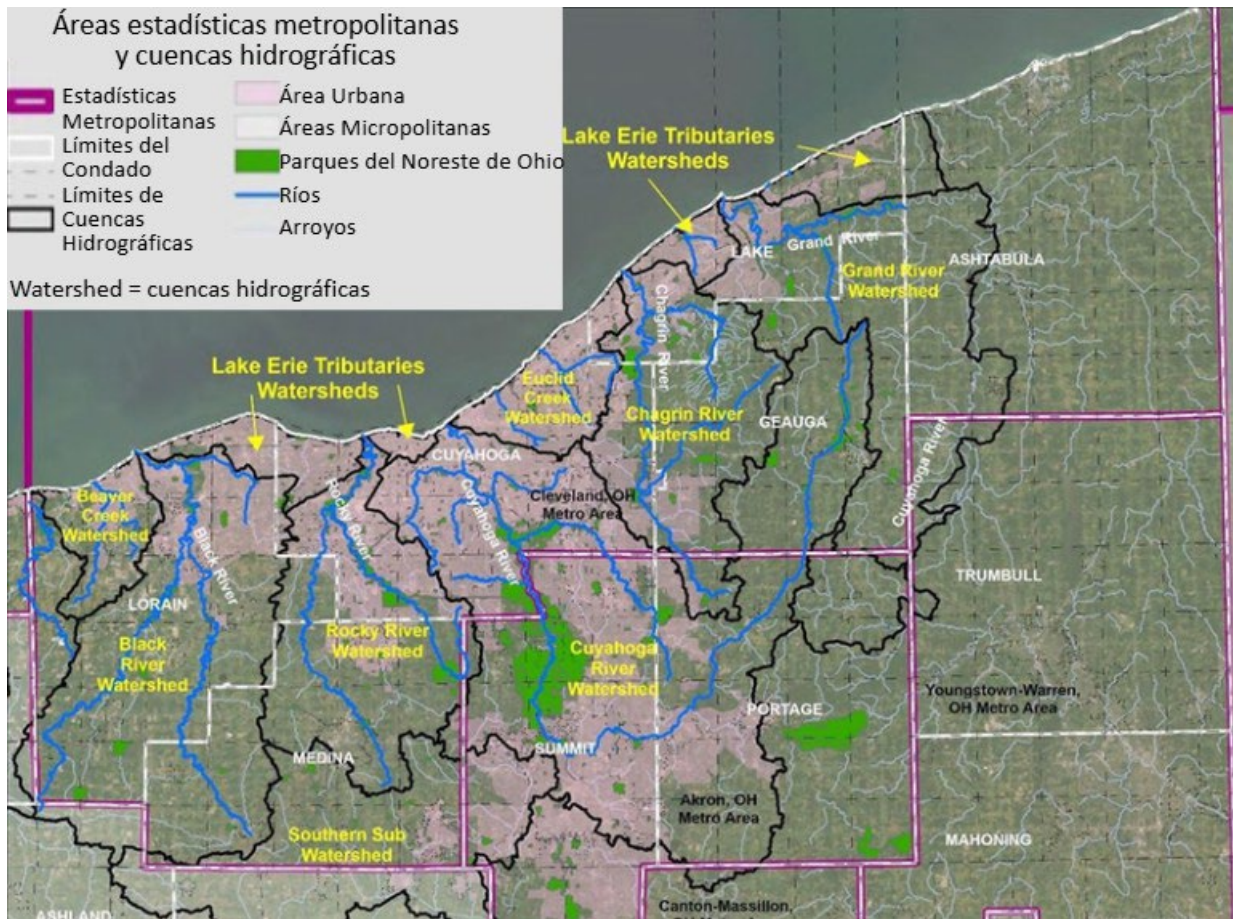
7.7. Sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)

El Área Metropolitana de Cleveland-Elyria puede reducir las emisiones netas de GEI mediante la reforestación estratégica, la restauración de humedales y prácticas de zonificación innovadoras. Si bien las medidas terrestres compensarían sólo alrededor del 1% de las emisiones regionales actuales, sus importantes beneficios colaterales las convierten en componentes valiosos de la descarbonización regional.

7.7.1. Contexto de MSA

La **Figura 37** muestra las principales cuencas hidrográficas y parques dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. Las soluciones basadas en la naturaleza son una herramienta en gran medida sin explotar para reducir los GEI y mejorar la resiliencia dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. La cubierta arbórea de Cleveland ha disminuido del 37% en 1950 al 18% en la actualidad, mientras que la región de cinco condados tiene un promedio del 30%.³⁴⁰

Figura 37: Cuencas hidrográficas y parques importantes en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria



La reforestación estratégica en áreas subutilizadas crearía sumideros de carbono y mejoraría la calidad del aire, apoyaría los hábitats de la vida silvestre y mejoraría la recreación. La restauración de humedales previamente drenados también proporcionaría beneficios de almacenamiento de carbono, control de inundaciones y purificación de agua. Estos proyectos también ofrecen oportunidades de educación pública.

La zonificación puede incentivar el uso de la tierra con balance negativo de carbono a través de ventajas económicas y regulatorias para los propietarios que priorizan la captura. Las comisiones de planificación del condado en todo el MSA pueden desarrollar ordenanzas modelo que reflejen las diferencias regionales. La implementación enfrenta desafíos en los municipios rurales donde las preocupaciones sobre los derechos de propiedad son primordiales, pero incluso una adopción parcial podría producir reducciones acumulativas significativas.

El legado industrial del MSA, los humedales costeros del lago Erie y una mezcla de granjas en funcionamiento y bosques secundarios crean fuentes de GEI (a través de la alteración del suelo y el uso de fertilizantes) y poderosos sumideros. Con más del 90% de los humedales originales de Ohio perdidos y miles de acres de tierras agrícolas marginales preparadas para la sucesión forestal, la gestión estratégica de la tierra presenta

oportunidades significativas para la mitigación y adaptación climática. Aunque incluso la implementación completa de medidas terrestres compensaría sólo alrededor del 1% de las emisiones regionales actuales, sus beneficios colaterales las hacen valiosas en una estrategia de descarbonización regional.

7.7.2. Desafíos y obstáculos para la descarbonización del AFOLU

El sector AFOLU constituye una pequeña parte de las emisiones regionales: se estima que las emisiones agrícolas representaron el 0,8% del total y los bosques compensaron el 4% del total en 2022. Las medidas del sector AFOLU no tendrán un gran impacto en la descarbonización regional. Sin embargo, siguen siendo una parte importante de cualquier plan integral de descarbonización.

Las iniciativas de árboles urbanos en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria deben lidiar con un conjunto persistente de percepciones negativas. Los residentes se preocupan por las ramas que caen, las canaletas obstruidas, las aceras deformadas y el costo del mantenimiento futuro: preocupaciones que se amplifican en los barrios de bajos ingresos donde los equipos municipales han tenido dificultades para mantenerse al día con las necesidades de mantenimiento. Los propietarios de viviendas particulares a veces ven a los árboles de sombra de gran tamaño como un pasivo más que como un activo, especialmente en lo que respecta a los servicios públicos o las primas de seguros. Estas percepciones negativas hacen que sea más difícil generar impulso para la expansión a gran escala de la cubierta arbórea en entornos urbanos.

La restauración de humedales enfrenta un problema de imagen. Un error muy común en Estados Unidos es que los humedales aumentan los mosquitos, a pesar de las investigaciones que muestran que los humedales pluviales o costeros bien diseñados pueden mantener densidades de mosquitos no más altas (y a veces más bajas) que las cuencas de detención convencionales.³⁴¹ Otros asocian los humedales con la pérdida de bienes inmuebles urbanizables o la disminución de los ingresos fiscales, especialmente en los suburbios donde el terreno edificable es escaso. Para superar estas objeciones a menudo es necesario impartir educación previa sobre técnicas modernas de gestión de mosquitos en humedales y demostraciones claras de los ahorros que ofrecen los humedales en términos de prevención de pérdidas por inundaciones y calidad del agua. Además, puede ser valioso demostrar a algunas comunidades que la conservación y restauración de humedales pueden aumentar el valor de las propiedades de los propietarios cercanos.³⁴²

Las realidades de la gestión de riesgos y del flujo de caja obstaculizan la transición hacia la agricultura de conservación. Deben existir claros beneficios financieros para adoptar la agricultura sin labranza o con labranza mínima o para plantar cultivos de cobertura. En muchos casos, estos no son muy evidentes debido a las bajas tasas de adopción. Los productores dudan en utilizar prácticas que sus vecinos más cercanos aún no han probado y se muestran cautelosos ante mandatos que podrían erosionar la autonomía en las decisiones sobre gestión de la tierra.

Más de cien municipios y numerosos pueblos rurales del MSA tienen su propia autoridad de zonificación, por lo que la alineación de códigos en todo el MSA es inherentemente difícil.³⁴³ La sensibilidad a los derechos de propiedad, especialmente en municipios sin zonificación, limita los enfoques obligatorios. Mientras tanto, Cleveland continúa perdiendo aproximadamente 97 acres de cubierta arbórea cada año, afectada por retrasos en el mantenimiento y conflictos con los servicios públicos generales. La verificación y la financiación siguen siendo obstáculos: existen pocas herramientas estandarizadas de contabilidad del carbono para proyectos

pequeños y locales, y los ingresos provenientes de los mercados de compensación voluntaria son inciertos. Los sitios industriales abandonados presentan una desventaja adicional, porque la energía solar a gran escala suele producir mayores reducciones de CO₂ por acre a corto plazo que la reforestación, aun cuando los espacios verdes brindan servicios ecosistémicos a largo plazo. Los planificadores deben equilibrar el desarrollo económico, la contabilidad del carbono científicamente rigurosa y la implementación práctica mientras garantizan que los beneficios lleguen a las comunidades de bajos ingresos, desfavorecidas y vulnerables al clima.

7.7.3. Historias de éxito y oportunidades locales

Varias iniciativas de la región ya demuestran lo que es posible. La Coalición de Árboles de Cleveland (CTC) y la Conservación de Tierras de la Reserva Occidental (WRLC) coordinan esfuerzos para aumentar la cubierta arbórea de la ciudad de Cleveland al 30 % para 2040, con un enfoque en lotes vacíos y franjas de relleno que brindan beneficios sociales y climáticos. Los proyectos de la Iniciativa de Restauración de los Grandes Lagos (GLRI) en Mentor Marsh, Sandusky Bay y a lo largo del bajo río Cuyahoga han restablecido humedales costeros.³⁴⁴ Parma, junto con NEORS, compró casas propensas a inundaciones en Pleasant Valley Road y restauró la llanura aluvial natural para reducir el riesgo de inundaciones y crear nuevos sumideros de carbono.³⁴⁵ En 2024, la Comisión de Planificación Regional del Condado de Lorain, con el apoyo del USDA, completó un análisis de idoneidad para la siembra directa para guiar los programas de carbono del suelo en tierras agrícolas.³⁴⁶ Por último, las cinco comisiones de planificación del condado han llevado a cabo ordenanzas de zonificación modelo que integran incentivos de captura de carbono en áreas de crecimiento suburbano y distritos de conservación rural: herramientas que otros gobiernos locales pueden adoptar.

7.7.4. Las medidas de reducción de emisiones del sector AFOLU

Las siguientes secciones describen un conjunto completo de medidas de reducción de emisiones de todo el sector AFOLU, que respaldarán un progreso inmediato y sostenido en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria hacia los objetivos de reducción de GEI. Estas medidas corresponden en gran medida a las medidas de Soluciones Basadas en la Naturaleza y Acciones Agrícolas del PCAP; sin embargo, esta sección proporciona un conjunto más completo de medidas que descarbonizarán este sector a largo plazo. Si bien los vehículos de carretera representan el 90% de los GEI de este sector, el MSA debe tener una estrategia para eliminar el 10% restante de emisiones. El CCAP incluye medidas para eliminar las emisiones de este sector y mejorar los sumideros de emisiones naturales.

7.7.4.1. Restauración de ecosistemas naturales

Restauración de humedales y riberas: Las comunidades de toda la cuenca hidrográfica podrían priorizar la restauración de humedales y zonas ribereñas, particularmente en zonas propensas a inundaciones donde estos sistemas naturales brindan múltiples beneficios. Los humedales restaurados secuestran una cantidad significativa de carbono tanto en la vegetación como en el suelo, mientras filtran contaminantes y regulan los flujos de agua. Como se ha señalado, la ciudad de Parma ya está poniendo en práctica este enfoque. Las comunidades pueden centrarse en proteger y mejorar las marismas costeras del lago Erie, los hábitats de escala y los corredores fluviales, que son fundamentales para la biodiversidad y la resiliencia climática.

Los humedales se encuentran entre los sistemas naturales más eficaces para el secuestro de carbono a largo plazo, especialmente debido a sus condiciones anóxicas y de anegamiento que retardan la descomposición y promueven la acumulación de materia orgánica. Estudios realizados en Ohio y en toda América del Norte muestran que tanto los humedales naturales como los creados capturan cantidades significativas de carbono anualmente, hasta 267 gramos de carbono por metro cuadrado por año ($\text{g/C/m}^2/\text{año}$) en algunos sitios construidos, superando a menudo las tasas observadas en humedales naturales cercanos.³⁴⁷ Las turberas, en particular, han almacenado carbono durante milenios en suelos orgánicos profundos, formando uno de los mayores depósitos de carbono terrestre.

Aunque los humedales emiten CH_4 , especialmente en sistemas de agua dulce tropicales o embalsados, muchos humedales restaurados y templados siguen siendo sumideros netos de carbono a lo largo del tiempo. En Ohio, el CH_4 emitido fue 1/50 del CO_2 secuestrado. Dado que esto está muy por encima del ajuste de GWP de 25:1, estos ecosistemas aún brindan un beneficio climático neto.³⁴⁸ Factores como la densidad de la vegetación, la profundidad del agua, la salinidad y el contenido de hierro del suelo influyen en el flujo de metano; los sistemas salinos y ricos en hierro generalmente suprimen las emisiones de CH_4 . Las tasas de secuestro de carbono tienden a alcanzar su punto máximo entre 10 y 15 años después de la creación de los humedales y, aunque pueden disminuir ligeramente con el tiempo, siguen siendo significativas durante décadas, en particular en zonas de humedales profundos, con vegetación y conectados por flujos.³⁴⁹

Los humedales también se cruzan con la infraestructura verde y las estrategias energéticas. Los humedales construidos utilizados para el tratamiento de aguas residuales o pluviales pueden cumplir una doble función: capturan carbono y también producen biogás a través de la digestión anaeróbica. Este biogás, si se refina adecuadamente, puede ser una fuente de energía renovable que se puede inyectar en gasoductos o utilizar in situ para compensar la demanda de energía. En la actualidad, menos del 10% de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Estados Unidos utilizan biogás de forma beneficiosa. Sin embargo, el potencial de expansión es alto, especialmente en ciudades donde la producción de biogás puede alinearse con los objetivos de cero residuos y climáticos.³⁵⁰ Los humedales construidos generalmente consumen menos energía que los sistemas de tratamiento tradicionales. Si se diseñan con cuidado, pueden igualar o superar a los humedales naturales en cuanto a capacidad de secuestro de carbono, al tiempo que gestionan la calidad del agua, la sedimentación y la biodiversidad.

Los costos económicos de la restauración de humedales son muy variables, pero pueden compensarse mediante créditos de carbono, bancos de mitigación y costos de infraestructura evitados. Los costos de restauración varían entre \$15,000 y más de \$80,000 por acre, dependiendo de la complejidad, las modificaciones hidrológicas y el uso previsto. A pesar de estos costos, los humedales restaurados pueden producir importantes beneficios a largo plazo, incluidos hasta 6 miligramos de carbono por hectárea por año (Mg C/ha/año) en secuestro, reducción en la escorrentía de nutrientes y mayor protección contra inundaciones.³⁵¹ Los mercados de carbono, como los que gestiona la Conservación de la Naturaleza en Ohio, permiten a los desarrolladores financiar proyectos de humedales a gran escala y estratégicamente ubicados en lugar de una mitigación fragmentada en el sitio. La selección estratégica del sitio en función de suelos hídricos, niveles freáticos altos y texturas del suelo derivadas del lecho del lago puede mejorar el rendimiento a largo plazo. Dado que el 90% de los humedales de Ohio se han perdido o degradado, la integración de los humedales en una planificación más amplia del clima y del uso de la tierra es una estrategia útil para la reducción de carbono, la resiliencia de los ecosistemas y la protección de los recursos hídricos.

Restauración de praderas y pastizales: Los ecosistemas de praderas y pastizales nativos, que alguna vez cubrían partes de la región, podrían reconstruirse en lugares apropiados. Estos ecosistemas secuestran una cantidad sustancial de carbono, principalmente en sus extensos sistemas de raíces, y una vez establecidos requieren un mantenimiento mínimo.

7.7.4.2. Prácticas agrícolas

La descarbonización agrícola se centra en el aumento del carbono orgánico del suelo (COS), un sumidero clave de la atmósfera al suelo que ayuda a mitigar el cambio climático. Prácticas como los cultivos de cobertura, la labranza reducida y las enmiendas orgánicas son fundamentales para aumentar el COS. Los metaanálisis muestran que los cultivos de cobertura pueden aumentar el SOC cerca de la superficie en un promedio de 15,5%, lo que resulta en tasas de secuestro promedio de 0,56 Mg C ha / año. Sin embargo, las ganancias del SOC suelen ser superficiales y pueden no persistir en capas más profundas a menos que se combinen con prácticas que promuevan un enraizamiento más profundo y un aporte orgánico sostenido. La agricultura de conservación (AC), que combina la mínima perturbación del suelo, una cobertura orgánica continua y la diversificación de cultivos, ha surgido como un sistema integral. La AC mejora la estructura del suelo, reduce la erosión y mejora la retención de agua, al tiempo que contribuye a la acumulación de SOC a lo largo del tiempo.

A pesar de la promesa de la agricultura sin labranza (NT), su eficacia para el secuestro del SOC a largo plazo es mixta. La agricultura sin labranza mejora la agregación del suelo y reduce la erosión, lo que puede reducir el riesgo de floraciones de algas nocivas. Los estudios también muestran que puede aumentar el SOC cerca de la superficie; sin embargo, a menudo puede causar pérdidas de SOC en capas más profundas del suelo, ya que la labranza introduce residuos de cultivos en el suelo, lo que restaura el carbono en capas más profundas.³⁵² Las ganancias totales de SOC con NT suelen ser insignificantes a menos que se combinen con otras estrategias como cultivos de cobertura, enmiendas orgánicas o rotaciones de cultivos diversas. En algunos casos, la siembra directa puede incluso reducir las reservas de carbono si los rendimientos disminuyen y los residuos ingresados caen por debajo de umbrales críticos.

Por lo tanto, la NT es más eficaz cuando se integra en sistemas de conservación más amplios que mantienen o aumentan los aportes de carbono, como el pastoreo rotacional, la agroforestería o los sistemas de doble cultivo que extienden la cobertura vegetal y el aporte orgánico durante todo el año.

Más allá del carbono, la agricultura de conservación ofrece múltiples beneficios colaterales críticos para la sostenibilidad y la resiliencia climática. Los cultivos de cobertura, por ejemplo, regulan la temperatura del suelo, eliminan las malezas y reducen la lixiviación de nitrógeno y las emisiones de óxido nitroso. La retención de residuos mejora la infiltración y la capacidad de retención de agua, especialmente en tierras inclinadas o de secano. Se ha demostrado que los sistemas de CA reducen la escorrentía superficial y la erosión hasta en un 80% en comparación con las prácticas convencionales. La agroforestería, que combina árboles con tierras de cultivo, almacena carbono sobre y debajo del suelo al tiempo que mejora la biodiversidad y estabiliza los rendimientos. Si bien los sistemas de conservación pueden requerir varios años para generar ganancias totales en la salud del suelo, su impacto acumulativo en el COS, la mitigación de GEI y la adaptación climática los convierte en herramientas para descarbonizar la agricultura y salvaguardar los sistemas alimentarios en un clima cambiante. Estas prácticas tienen un potencial de descarbonización relativamente limitado a nivel regional, pero pueden ser

estrategias importantes a nivel local en partes del Área Metropolitana de Minneapolis-Saint Paul con tierras agrícolas importantes (por ejemplo, el condado de Geauga y el condado de Medina).

7.7.4.3. Creación y protección de sumideros de tierra

Ampliar la cubierta arbórea regional: Alguna vez conocida como la “Ciudad del Bosque”, la cubierta arbórea de Cleveland ha disminuido al 18% (2017) a través de una pérdida anual de 97 acres. Sin intervención, la cobertura caerá al 14% en 2040. El objetivo de la ciudad de tener una cubierta vegetal del 30% requiere 28.000 árboles nuevos al año. Organizaciones como CTC, WRLC y socios municipales facilitan la expansión regional y merecen una inversión continua.³⁵³

Aunque la reforestación sólo puede explicar una cantidad modesta de la descarbonización regional (un aumento del 5% en la cubierta forestal en cinco condados secuestraría 0,16 MMTCO₂e al año, lo que equivale a sólo el 0,4% de las emisiones regionales), las comunidades con industrias con menor intensidad de carbono, y por ende menores emisiones, pueden compensar sus emisiones mediante la reforestación. Esta es una compensación práctica en los condados de Geauga, Lake, Lorain y Medina, donde se podrían reforestar extensiones de tierra más grandes con costos de gestión mínimos, ya que estos bosques rurales representan una molestia menor para las calles, los edificios y las redes eléctricas. Los beneficios colaterales de estos bosques rurales (en particular el enfriamiento de la superficie) tienen menos impacto en los entornos rurales, ya que no hay una gran población inmediatamente adyacente a estos bosques. A corto plazo, la reforestación es el enfoque más probado para eliminar CO₂ de la atmósfera; se están desarrollando y probando tecnologías creadas por el hombre a escala comercial, pero no se espera que estén listas para su implementación dentro del Área Metropolitana de Moscú antes de 2035.

Los distritos censales que anteriormente estaban en zonas rojas tienen en promedio 4,7 °F más de temperatura que los vecindarios con buenos recursos.³⁵⁴ Los árboles maduros reducen las temperaturas de la superficie entre 20 y 45 °F en las tardes calurosas, lo que ahorra millones en costos de aire acondicionado: beneficios que están menos disponibles para las comunidades de dosel bajo que más los necesitan.³⁵⁵ Sin embargo, el mantenimiento adecuado es esencial en las comunidades LIDAC para minimizar los riesgos de seguridad y evitar costos por daños a la propiedad. Los árboles generan entre \$1,50 y \$3,00 en beneficios por cada dólar invertido, y estos rendimientos se acumulan a medida que los árboles maduran. Para revertir el deterioro de la cubierta vegetal, son necesarios fondos de mantenimiento sostenido y la priorización de barrios vulnerables al calor y con copas bajas, donde cada árbol proporciona enormes beneficios en términos de refrigeración, salud, reducción de carbono y gestión de aguas pluviales.³⁵⁶

Restauración de terrenos abandonados: El Área Metropolitana de Cleveland-Elyria contiene numerosas áreas industriales abandonadas y propiedades subutilizadas que podrían transformarse en activos de secuestro de carbono. Deberían existir categorías de zonificación especiales para estos sitios, que proporcionen permisos acelerados y otros incentivos para proyectos que remedien suelos contaminados, implementen diseños de paisajes que capturen carbono, utilicen técnicas de construcción regenerativa y creen espacios verdes multifuncionales. Estas zonas de reurbanización centradas en el carbono podrían tener un impacto particular en las áreas industriales antiguas a lo largo del río Cuyahoga, áreas costeras y en centros industriales más pequeños en los condados circundantes. Los gobiernos locales podrían establecer estándares de desempeño para el secuestro de carbono como parte de los requisitos de remediación de áreas industriales abandonadas. Estas normas garantizarán que estos sitios pasen de ser pasivos ambientales a activos climáticos.

Los beneficios relativos de la descarbonización de la transformación de áreas industriales abandonadas en espacios verdes en comparación con las instalaciones solares son cuantificables, aunque con diferencias notables en los mecanismos de impacto y las escalas temporales. El desarrollo solar generalmente ofrece mayores beneficios inmediatos de reducción de carbono. Las instalaciones solares a gran escala generan aproximadamente 400,5 MWh por acre por año. Cuando se instalan paneles solares para reemplazar el gas natural, un acre de paneles solares evita 147,8 MTCO_{2e} por acre por año. La conversión de espacios verdes proporciona un secuestro directo de carbono más modesto (aproximadamente 0,5-3 MTCO_{2e} por acre al año) pero ofrece beneficios adicionales: efectos de enfriamiento urbano que reducen el consumo de energía, gestionan las aguas pluviales y mejoran la biodiversidad.³⁵⁷

Los espacios verdes y el desarrollo solar no tienen por qué ser mutuamente excluyentes. Los paneles solares pueden ofrecer sombra, absorber calor y proporcionar hábitat. La elección óptima depende de las características específicas del sitio, las condiciones climáticas locales y si la prioridad son las reducciones inmediatas de carbono o los servicios ecosistémicos a largo plazo. Aunque los paneles solares instalados en zonas industriales abandonadas ayudan a reducir las emisiones de CO₂, esto puede cambiar con el tiempo. A medida que el sistema energético de la región evoluciona hacia niveles más elevados de producción de energía renovable, es probable que disminuya la intensidad de CO₂ de la generación desplazada. Esto reducirá el impacto de la reducción de emisiones de CO₂ de la nueva generación de energía solar fotovoltaica.

Mejora del carbono del suelo mediante enmiendas de biocarbón: Todas las comunidades podrían implementar la mejora del carbono del suelo a través del biocarbón. En las zonas urbanas, esto podría implicar biocarbón o compost durante los proyectos de construcción. En entornos agrícolas, las enmiendas de biocarbón podrían ayudar a generar carbono en el suelo. Los paisajes públicos de toda la región podrían implementar prácticas de gestión del suelo que prioricen la acumulación de carbono.

La región podría desarrollar enfoques integrados para la gestión de la biomasa que maximicen el potencial de secuestro de carbono y al mismo tiempo proporcionen beneficios económicos. Las comunidades podrían establecer sistemas para capturar y procesar la biomasa proveniente de la poda de árboles urbanos, residuos agrícolas y mantenimiento del paisaje. En lugar de tratar estos materiales como desechos, podrían convertirse en insumos valiosos para productos que secuestran carbono y producen energía. Las instalaciones regionales de producción de biocarbón podrían transformar los residuos orgánicos en carbono estable que permanece secuestrado durante siglos cuando se incorpora a los suelos. Los gobiernos locales podrían establecer programas que desvíen corrientes de desechos orgánicos apropiados hacia la producción de biocarbón. Esto

reduciría los aportes a los vertederos al tiempo que crearía un valioso aditivo para el suelo. Estos programas podrían comenzar con materiales leñosos provenientes de operaciones de forestación urbana y expandirse gradualmente para incluir otras materias primas adecuadas.

Superposiciones de zonificación centradas en el carbono: El Área Metropolitana de Cleveland-Elyria contiene diversos paisajes que van desde densos centros urbanos hasta tierras agrícolas y forestales. Esta diversidad brinda oportunidades para aprovechar las políticas de zonificación y uso de la tierra como herramientas poderosas para el secuestro de carbono. Si bien los esfuerzos tradicionales de descarbonización a menudo se centran en la reducción de emisiones, las estrategias complementarias que mejoran los sumideros naturales de carbono podrían amplificar los esfuerzos de acción climática. Los siguientes enfoques podrían mejorar el secuestro de carbono en toda la región.

Las designaciones de zonificación especiales podrían brindar beneficios adicionales para usos de la tierra con balance negativo de carbono en toda la región. Las zonas de superposición de secuestro de carbono podrían funcionar como una capa adicional de regulación que funcione junto con las categorías de zonificación existentes. Los gobiernos locales podrían ofrecer bonificaciones de densidad o costos de permisos reducidos para desarrollos que preserven los árboles maduros existentes, ya que estos sumideros de carbono establecidos a menudo brindan beneficios de secuestro significativamente mayores que los árboles jóvenes recién plantados. Por ejemplo, un árbol de madera dura de 30 años puede secuestrar aproximadamente 9,8 kg de carbono por año, mientras que un árbol joven recién plantado (de 1 a 5 años) secuestra alrededor de 0,9 kg por año, una diferencia de aproximadamente 10 veces.³⁵⁸ Se podrían extender incentivos similares a proyectos que implementen una amplia infraestructura verde; utilicen materiales de construcción con balance negativo de carbono, como madera maciza o hormigón de cáñamo; o integren paisajes nativos con un alto potencial de secuestro de carbono.

En el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria, estas zonas de superposición podrían ser particularmente efectivas en los suburbios exteriores de los condados de Medina, Geauga y Lorain, donde las nuevas construcciones remodelan activamente el paisaje. Los líderes municipales podrían exigir evaluaciones del impacto del carbono como parte de los procesos de revisión del desarrollo dentro de estas zonas superpuestas. Estas evaluaciones generan responsabilidad por los resultados en materia de carbono y al mismo tiempo permiten enfoques flexibles para alcanzar los objetivos de secuestro.

Protecciones de tierras agrícolas y rurales: Las tierras agrícolas y naturales representan algunos de los sumideros de carbono más valiosos de la región. Los gobiernos locales podrían desarrollar programas de transferencia de derechos de desarrollo (TDR) que permitirían a los propietarios de tierras vender derechos de desarrollo de tierras ricas en carbono a desarrolladores que quieran construir en densidades más altas en áreas receptoras designadas. Este enfoque basado en el mercado podría preservar simultáneamente las tierras agrícolas y forestales con alto potencial de secuestro y al mismo tiempo dirigir el crecimiento hacia lugares con menor impacto de carbono.

Los municipios rurales podrían implementar servidumbres de conservación agrícola, particularmente en áreas con suelos de alta calidad capaces de secuestrar significativamente el carbono. Los códigos de zonificación locales podrían establecer regulaciones de tamaño mínimo de lotes que eviten la fragmentación de tierras ricas en carbono para mantener la integridad de estos sistemas naturales. Las zonas de amortiguación alrededor de

sumideros de carbono críticos, como humedales, bosques y pastizales, podrían brindar protección adicional para estos valiosos recursos al tiempo que mitigan los riesgos de inundaciones y protegen la calidad del agua.

Para las comunidades a lo largo de la franja rural-suburbana de la región, estas herramientas de zonificación de conservación podrían ayudar a establecer una clara frontera para el desarrollo y reducir la presión sobre las tierras agrícolas mientras crean comodidades atractivas para los residentes cercanos.

Modificaciones del paisaje urbano y suburbano: Las áreas urbanas y suburbanas en todo el Área Metropolitana de Minneapolis-Saint Paul podrían implementar requisitos de zonificación que transformen gradualmente los paisajes desarrollados en sumideros de carbono más efectivos a través de proporciones mínimas de espacios verdes para nuevos desarrollos, particularmente en áreas de mayor densidad donde cada pie cuadrado de superficie permeable se vuelve valioso. Los códigos de zonificación podrían exigir un porcentaje de especies de plantas nativas que secuestran carbono en el paisaje. Esto va más allá de las consideraciones estéticas para priorizar la función ecológica.

Las zonas de gestión de aguas pluviales que priorizan las soluciones basadas en la naturaleza podrían estar en áreas propensas a inundaciones en toda la región para crear espacios multifuncionales que capturen carbono y gestionen el agua. Los incentivos de zonificación podrían estimular la implementación de techos verdes, jardines verticales, expansión de la cubierta arbórea urbana y áreas de superficie permeables en diferentes contextos de desarrollo. En las ciudades centrales urbanas del MSA, Cleveland y Lorain; las comunidades suburbanas del anillo interior, incluidas East Cleveland, Lakewood, Cleveland Heights y Euclid; y ciudades establecidas, como Elyria, Painesville y Oberlin; estos enfoques podrían ser particularmente valiosos para contrarrestar el efecto de isla de calor urbana y crear vecindarios más habitables. Los suburbios del segundo anillo podrían incorporar estos requisitos en la reurbanización de corredores comerciales y parques de oficinas antiguos para transformar estos espacios en paisajes más resilientes y que capturen carbono.

Zonas de uso mixto y desarrollo sostenible: Se podrían promover enfoques integrales de desarrollo con balance de carbono negativo mediante clasificaciones de zonificación de uso mixto que recompensen el desarrollo compacto y transitable con menores requisitos de estacionamiento, producción de energía renovable en el lugar, agricultura urbana integrada y diseños paisajísticos que capturen carbono. Estas zonas podrían combinar principios de desarrollo orientados al transporte con requisitos explícitos de secuestro de carbono. Comunidades como Mentor, Brunswick y Avon podrían integrar estos enfoques en los centros urbanos y corredores comerciales, lo que crea nodos de desarrollo sostenible que demuestran la captura de carbono en el tejido de lugares atractivos y económicamente vibrantes.

7.7.5. Beneficios y beneficios colaterales de las medidas de reducción de emisiones del Sector AFOLU

7.7.5.1. Reducciones de emisiones de GEI mediante medidas AFOLU

Las medidas del sector AFOLU producirán algunos beneficios de descarbonización para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria.

Restauración de ecosistemas: Restaurar 500 acres de humedales para 2030 y 2.500 acres para 2050 proporcionaría reducciones netas de emisiones de 2.000 y 10.000 MTCO₂e, respectivamente, si cada acre puede eliminar cuatro MTCO₂e por año. La restauración de praderas, otros ecosistemas, tierras agrícolas y zonas industriales abandonadas conduciría a una mayor eliminación de emisiones. Si la restauración permite la eliminación de un MTCO₂e por acre, por año, entonces restaurar 5.000 acres puede reducir las emisiones en 25.000 MTCO₂e hasta 2030 y 100.000 MTCO₂e hasta 2050. En total, la restauración del ecosistema podría compensar hasta un 0,3% de las emisiones totales dentro del MSA.

Prácticas Agrícolas: El inventario de GEI de 2022 estima que la agricultura constituye el 0,9% de las emisiones regionales (254.470 MTCO₂e). La adopción de prácticas de agricultura de conservación en 500 acres adicionales cada año y el supuesto de un factor de emisión de una reducción neta de 0,5 MTCO₂e por acre por año conducirían a una reducción de aproximadamente 1.250 MTCO₂e para 2030 y 6.250 MTCO₂e para 2050.

Mejorar los sumideros de carbono. Reducir la tasa de pérdida de cubierta forestal y avanzar hacia una ganancia neta de cubierta forestal compensará las emisiones de GEI en el Área Metropolitana de Johannesburgo. Por cada 1% de cobertura forestal retenida en la región, se evitan entre 13.000 y 39.000 MTCO₂e al año. De manera similar, por cada 1% de ganancia neta en la cobertura forestal en el Área Metropolitana de Minneapolis-Saint Paul, se compensarían entre 13.000 y 39.000 MTCO₂e por año. El aumento de la cubierta forestal en un 1,5% hasta 2030 y en un 4,1% hasta 2050, da como resultado una reducción neta de 42.990 y 121.154 MTCO₂e por año, respectivamente. La incorporación de biocarbón en el 5% de las tierras agrícolas para 2050 producirá una reducción de 16.243 MTCO₂e al año.

La Tabla 33 describe las posibles reducciones de emisiones del sector AFOLU. Hasta 2050, este sector puede proporcionar un ahorro total de 263.700 MTCO₂e. Las reducciones acumuladas totalizan 10.000 MTCO₂e de la restauración de humedales, 100.000 MTCO₂e de la restauración de ecosistemas (reforestación y restauración de praderas), 121.154 MTCO₂e de la reforestación regional asociada con la adición de tierras de conservación, 16.250 MTCO₂e mediante enmiendas de biocarbón en suelos agrícolas y 6.250 MTCO₂e de la adopción de agricultura de conservación.

Tabla 33: Reducciones de GEI mediante medidas del sector AFOLU

Medida AFOLU	Reducción media anual de emisiones (MTCO ₂ e)	Reducción acumulada de emisiones hasta 2030 (MTCO ₂ e)	Reducción acumulada de emisiones hasta 2050 (MTCO ₂ e)
Restauración de humedales	400	2000	10.000
Restauración de tierras	5.000	25.000	100.000
Agricultura de conservación	250	1250	6.250
Reforestación en tierras de conservación	5.248	48.000	131.200
Biocarbón del suelo	650	3250	16.250
Reducción total de emisiones	11.548	79.500	263.700

7.7.5.2. Cobeneficios de las medidas AFOLU

En todo el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria, los bosques urbanos existentes brindan servicios ambientales de gran valor. Los árboles interceptan aproximadamente entre el 10 y el 20 % de las precipitaciones, lo que reduce el tratamiento de aguas pluviales y limita los eventos de desbordamiento de alcantarillado combinado. Los árboles urbanos también proporcionan importantes beneficios de refrigeración en las ciudades, compensando el efecto de isla de calor urbana. Estos servicios, además de la eliminación de la contaminación del aire y las ganancias en el valor de la propiedad, valen más de \$28 millones anuales solo para la ciudad de Cleveland.

Más allá de la mitigación del clima, los humedales ofrecen varios servicios ecosistémicos. Actúan como esponjas naturales. Reducen los picos de inundaciones mediante el almacenamiento y la liberación lenta de aguas pluviales, lo que resulta cada vez más importante ante condiciones climáticas más severas.³⁵⁹ Los humedales ribereños y aguas abajo mejoran la resiliencia de las cuencas hidrográficas porque sostienen los caudales base durante las sequías e interceptan la escorrentía rica en nutrientes procedente de las zonas agrícolas y urbanas. Estos sistemas filtran nitrógeno y fósforo, previniendo la proliferación de algas nocivas y mejorando la calidad de los hábitats acuáticos. La restauración de humedales también aumenta los beneficios ecológicos al reducir la fragmentación del hábitat de las especies y aumentar la biodiversidad. La adopción de medidas concertadas para proteger los ecosistemas de humedales en peligro de las presiones del desarrollo en zonas de crecimiento y restaurar los humedales degradados en comunidades antiguas puede aumentar estos beneficios ecológicos colaterales y hacer que los ecosistemas sean más resilientes al cambio climático.

Los proyectos de restauración de humedales urbanos enfrentan desafíos como especies invasoras, hidrología alterada y fragmentación del hábitat, pero cuando se diseñan teniendo en cuenta la conectividad y el uso comunitario, pueden mejorar simultáneamente la salud ecológica, reducir los costos de infraestructura y aumentar los valores de las propiedades circundantes. Estudios a largo plazo han descubierto que los humedales colonizados naturalmente a menudo superan a los plantados en términos de secuestro de carbono. Es probable que esto se deba a comunidades de plantas oportunistas de crecimiento más rápido, aunque estos sistemas también pueden requerir un manejo más activo de los herbívoros para mantener la función a largo plazo.

Muchos de los beneficios de la descarbonización del sector AFOLU se extienden a la superficie terrestre. Así, los mayores beneficios de la descarbonización regional se producirán a través de acciones centradas en zonas con mayor superficie terrestre (principalmente zonas rurales con baja densidad poblacional). La concentración de LIDAC está en áreas urbanas, lo que hace difícil garantizar que los LIDAC disfruten de estos cobeneficios. Sin embargo, los árboles urbanos ofrecen importantes beneficios en términos de enfriamiento y reducción de inundaciones. Por lo tanto, la plantación de árboles urbanos tendrá fuertes cobeneficios positivos en las áreas urbanas, mientras que los beneficios de descarbonización serán menores que en las áreas rurales con mayor densidad de árboles. Es más probable que los LIDAC tengan pavimento impermeable, lo que genera más efectos de calor urbano y mayor potencial de inundaciones. La adición de árboles e infraestructura verde ayudará a mitigar los impactos del calor y las inundaciones en estas comunidades.

Análisis de beneficios del Área Metropolitana de Cleveland- Elyria

8. Análisis de beneficios del Área Metropolitana de Cleveland- Elyria

8.1. Estimaciones cuantificadas de las reducciones de co-contaminantes

Si bien las medidas de reducción de emisiones descritas en este CCAP se han centrado en gran medida en la reducción de las emisiones de GEI, también habrá reducciones significativas en los co-contaminantes. En esta sección se presentan estimaciones cuantificadas que ilustran la relación prevista entre las emisiones de CO₂ y otras emisiones nocivas para la salud humana, como SO₂, NO_x, COV y PM_{2,5}. Estas reducciones de emisiones mejorarán la calidad del aire y reducirán los impactos negativos sobre la salud humana.

La **Tabla 34** presenta las reducciones combinadas de co-polutantes a través de las medidas de reducción de emisiones, mientras que las **Tablas 35-9** proporcionan estimaciones de los sectores individuales.

Tabla 34: Reducciones combinadas de co-contaminantes de todas las medidas por condado³⁶⁰

Condado	Toneladas de SO ₂	Toneladas de NO _x	Toneladas de COV	Toneladas de PM _{2,5}
Cuyahoga	1.515,5	9.266,6	2.542,9	2.962,8
Geauga	127,5	963,3	433,6	518,4
Lake	1.662,2	1.937,0	559,5	554,8
Lorain	310,8	2.064,8	804,0	908,8
Medina	196,3	1.575,7	625,9	646,8
Total	3.812,3	15.807,4	4.965,9	5.591,6

Tabla 35: Reducciones de co-contaminantes gracias a medidas de electricidad limpia por condado

Condado	Toneladas de SO ₂	Toneladas de NO _x	Toneladas de COV	Toneladas de PM _{2,5}
Cuyahoga	1.148,0	624,9	11,6	74,3
Geauga	84,5	46,0	0,9	5,5
Lake	192,1	104,6	1,9	12,4
Lorain	231,6	126,1	2,3	15,0
Medina	139,4	75,9	1,4	9,0
Total	1.795,6	977,5	18,1	116,2

Tabla 36: Reducciones de co-contaminantes a partir de medidas de construcción por condado

Condado	Toneladas de SO ₂	Toneladas de NOx	Toneladas de COV	Toneladas de PM _{2,5}
Cuyahoga	38,5	2.683,7	1.043,3	1755,8
Geauga	10,5	167,4	323,4	369,1
Lake	12,0	459,7	386,7	515,6
Lorain	17,5	555,9	557,1	689,3
Medina	13,5	333,8	424,2	503,9
Total	92,0	4.200,5	2.734,7	3.833,7

Tabla 37: Reducciones de co-contaminantes de las medidas industriales por condado

Condado	Toneladas de SO ₂	Toneladas de NOx	Toneladas de COV	Toneladas de PM _{2,5}
Cuyahoga	241,7	1.940,3	1.323,1	1.062,6
Geauga	26,1	449,5	97,0	138,6
Lake	1.440,2	549,6	137,1	12,4
Lorain	40,6	411,7	204,8	187,6
Medina	29,5	525,9	174,0	122,7
Total	1.778,1	3.877,0	1.936,0	1.523,9

Tabla 38: Reducciones totales de co-contaminantes derivadas de medidas de transporte por condado

Condado	Toneladas de SO ₂	Toneladas de NOx	Toneladas de COV	Toneladas de PM _{2,5}
Cuyahoga	42,5	1.956,8	80,3	34,1
Geauga	3,4	157,8	6,5	2,8
Lake	9,5	439,3	18,0	7,7
Lorain	10,3	475,5	19,5	8,3
Medina	7,5	346,7	14,2	6,1
Total	73,2	3.376,1	138,5	59,0

Tabla 39: Reducciones totales de co-contaminantes derivados de medidas de gestión de residuos y materiales por condado

Condado	Toneladas de SO ₂	Toneladas de NOx	Toneladas de COV	Toneladas de PM _{2,5}
Cuyahoga	44,7	2.060,8	84,6	36,0
Geauga	3,1	142,6	5,9	2,5
Lake	8,3	383,8	15,8	6,7
Lorain	10,8	495,7	20,4	8,7
Medina	6,4	293,3	12,0	5,1
Total	73,3	3.376,2	138,7	59,0

La **Tabla 40** desglosa las reducciones de co-polutantes de los grandes emisores en todo el área metropolitana. La descarbonización de procesos y operaciones industriales puede reducir las emisiones nocivas, lo que mejora directamente la salud pública. La electrificación reduce el ruido y la vibración, lo que hace que los entornos de trabajo sean más seguros; las mejoras en la eficiencia del uso del agua disminuyen la cantidad de desperdicio de agua industrial; y el nuevo apoyo industrial creará nuevas oportunidades de empleo en la región.

Tabla 40: Reducciones detalladas de co-contaminantes de grandes emisores por condado³⁶¹

Condado	Ciudad	LIDAC	Compañía	Toneladas de SO ₂	Toneladas de NOx	Toneladas de COV	Toneladas de PM _{2,5}	
Cuyahoga	Cleveland	Sí	Charter Steel Cleveland	0,55	0,92	0,17	0,42	
		No	Cleveland Clinic	0,04	5,42	0,39	0,62	
		Sí	Cleveland-Cliffs Cleveland Works	17,85	0,24	5,61	0,11	
		Sí	Corix	3,78	2,42	0,16	0,00	
		Sí	Dominion Energy Ohio	36,42	23,36	1,52	0,00	
		Sí	Howmet Aerospace, Inc.	0,07	3,84	6,54	2,39	
		Sí	Lincoln Electric Co.	0,02	1,37	2,32	0,85	
		Sí	Medical Center Company	4,91	3,15	0,20	0,00	
	Broadview Heights	No	Vertedero sanitario de Royalton Road	0,47	6,62	1,03	1,00	
	Euclid	Sí	Terves, Inc.	0,07	3,84	6,54	2,39	
	Solon	No	Vertedero sanitario regional de Cuyahoga	0,22	3,15	0,49	0,47	
	Cuyahoga Total				64,40	54,33	24,97	8,25

Condado	Ciudad	LIDAC	Compañía	Toneladas de SO ₂	Toneladas de NO _x	Toneladas de COV	Toneladas de PM _{2,5}
Lake	Fairport Harbor	Sí	Carmeuse Lime, Inc. Grand River Operations	6,69	14,03	2,92	31,27
	Painesville	Sí	Lubrizol Corp.	0,33	2,09	4,67	0,69
		Sí	Planta eléctrica municipal de Painesville	0,11	0,07	0,00	0,00
	Municipio de Painesville	Sí	Instalación de residuos sólidos del condado de Lake	1,29	18,18	2,82	2,74
	Lake Total				8,69	34,37	10,41
Lorain	Lake Avon	No	Ford Motor Company - Planta de ensamblaje de Ford en Ohio		0,03	1,56	2,65
	Grafton	Sí	Ross Incineration Services, Inc.	1,81	52,54	3,97	3,84
	Elyria	Sí	Vertedero I y II del condado de Lorain	3,85	54,21	8,42	8,16
	Lorain	Sí	US Steel – Operaciones tubulares de Lorain	0,00	0,01	0,00	0,00
		Sí	Oeste de Lorain	48,45	31,08	2,02	0,00
	Lorain Total				54,14	139,4	17,06
Medina	Seville	No	Wadsworth	0,01	12,63	4,79	0,45
	Medina Total				0,01	12,63	4,79

La Tabla 41, a continuación, cuantifica el valor de los beneficios para la salud pública derivados de la mejora de la calidad del aire. El personal utilizó el modelo COBRA de la EPA de EE. UU. para desarrollar estas estimaciones de beneficios anuales. Debido a que las reducciones de co- contaminantes se basan en datos del NEI 2020, el personal utilizó el año de análisis COBRA más cercano disponible (2023). El personal comparó las reducciones de emisiones de cada sector con los niveles de emisiones correspondientes dentro de COBRA (por ejemplo, vehículos de carretera con vehículos de carretera) y utilizó la tasa de descuento predeterminada del 2% de COBRA.

Como lo ilustran los resultados, las medidas incluidas en este CCAP brindarán importantes beneficios de salud pública para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria. Estas medidas evitarán entre 219 y 423 muertes prematuras, 119 ataques cardíacos y casi 100.000 ataques de asma cada año. En total, estas medidas proporcionarán entre 3.300 y 6.300 millones de dólares en beneficios de salud cada año después de que se implementen por completo las medidas del CCAP.

Tabla 41: Beneficios totales para la salud relacionados con la calidad del aire de todas las medidas del CCAP

Medida de salud	Impacto anual	Beneficio total anual de salud
Muertes prematuras evitadas (baja)	219	3.2 mil millones de dólares
Muertes prematuras evitadas (altas)	423	6.2 mil millones de dólares
Ataques cardíacos evitados	119	10 millones de dólares
Casos evitables de cáncer de pulmón	12	518.000\$
Casos evitados de enfermedad de Alzheimer	84	1,9 millones de dólares
Casos evitados de enfermedad de Parkinson	12	280.000\$
Accidentes cerebrovasculares evitados	10	641.000\$
Casos de asma evitables	562	42,9 millones de dólares
Ataques de asma evitados	99.469	12,4 millones de dólares
Días de pérdida de trabajo evitados	20.048	5,9 millones de dólares
Días de escuela perdidos evitados	110.217	34 millones de dólares
Beneficios totales para la salud (bajos)		3.3 mil millones de dólares
Beneficios totales para la salud (altos)		6.3 mil millones de dólares

8.2. Beneficios adicionales

Casi todas las medidas descritas en este informe tienen beneficios adicionales más allá de las reducciones en las emisiones de GEI. A continuación, describimos los beneficios que existen en todos los sectores. Como lo muestra la **Figura 38**, estos beneficios pueden clasificarse en cuatro categorías: (1) Beneficios para la salud, (2) Beneficios ambientales, (3) Beneficios sociales, y (4) Beneficios económicos.

Figura 38: Cobeneficios de las medidas de reducción de emisiones en todos los sectores



La **Tabla 42** ofrece un esquema de las medidas identificadas y propuestas a lo largo del CCAP, organizadas por sector, y describe beneficios y perjuicios adicionales. Esta lista no es exhaustiva; sin embargo, enfatiza que, si bien existen algunas posibles desventajas en la implementación de las medidas del CCAP, estas brindarán beneficios sustanciales para los residentes del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria.

Tabla 42: Beneficios y desventajas de las medidas por sector

Energía comercial y residencial		
Nombre de la medida / Descripción	Métrica	Beneficios / Desventajas
Sistemas de gestión de red inteligente: modernizar la gestión del sistema de distribución para mejorar la respuesta a la demanda, la gestión de picos, la activación del almacenamiento a escala de red para la regulación de frecuencia y el control de voltaje.	<ul style="list-style-type: none"> % de actualizaciones de la red de distribución en las comunidades; % de medidores inteligentes instalados en la comunidad 	Mejorará la confiabilidad de la red, facilitará la gestión compleja de la red, mejorará la respuesta a la demanda y dará como resultado sistemas de eficiencia energética.
Reformas de eficiencia energética para edificios existentes	% de edificios rehabilitados	Reducción de la demanda a gran escala, mejora de la calidad del aire interior y la salud subsiguiente, menores facturas de servicios públicos y menor inseguridad energética.

	% de disminución en el consumo energético medio de los edificios.	
Electrificación y energías renovables	% de viviendas electrificadas y modernizadas	Fuerte caída de las emisiones de la calefacción; las empresas de servicios públicos pasan a apoyar la demanda máxima de energía limpia.
Nombre de la medida / Descripción	Métrica	Beneficios / Desventajas
Construcción con bajas emisiones de carbono incorporadas	% de nuevas viviendas públicas que cumplen especificaciones incorporadas de bajas emisiones de carbono.	Reducción de la intensidad del carbono durante el ciclo de vida del parque inmobiliario regional y aumento de la demanda de cadenas de suministro con bajas emisiones de carbono.
Nueva construcción de alto rendimiento	% de nuevos edificios comerciales instalan SEMS	Estabilización de los costos energéticos a largo plazo; nuevo parque de viviendas alineado con los objetivos climáticos.
Equidad en la carga energética	Número o porcentaje de hogares con una carga energética superior a la media, alta o severa	Mejor calidad de la vivienda, menos desconexiones energéticas y mayor resiliencia para las poblaciones marginadas.
Edificios interactivos con la red y flexibilidad de la demanda	% total de edificios con al menos un sistema interactivo con la red	Mejora la resiliencia de la red; se reducen los apagones; mayor penetración de energías renovables sin sobrecarga de infraestructura.
Mitigación de la isla de calor urbana	% de edificios con techo plano que han adoptado techos reflectantes o verdes. Disminución de las temperaturas ambientales de verano en el núcleo urbano	Reducción de las cargas de refrigeración, mejor salud pública y restauración de los ecosistemas en zonas urbanas.
Sector de Energía Industrial e IPPU		
Nombre de la medida / Descripción	Métrica	Beneficios/ Desventajas
Cambiar al hidrógeno	% de combustible cambiado	Mejora de la calidad del aire
Captura de carbono en Cleveland Works con secuestro geológico	~60-90% de captura de carbono	Mejora la calidad del aire, aunque estos beneficios serían menores si Cleveland Works continúa utilizando coque para la producción de acero.

Auditorías energéticas	Reducción del 20% del consumo energético en toda la industria para 2030 Creación de planes de descarbonización de instalaciones	Reducción de la demanda en la red
Reducción de residuos industriales	Reducción de residuos del 30% para 2030, cero residuos para 2050	Reducción de co-contaminantes
Reemplazo del sistema BF-BOF en Cleveland Works con una alternativa de acero ecológico	Implementación de H2DRI + EAF o MOE para 2050	Mejora de la calidad del aire

Transporte y fuentes móviles

Nombre de la medida / Descripción	Métrica	Beneficios/ Desventajas
Ampliar la infraestructura de carga de vehículos eléctricos (BEV)	Número de cargadores de vehículos eléctricos instalados Número de vehículos eléctricos adquiridos en los LIDAC	Beneficios: reducción de la contaminación del aire, mejora de la salud pública, menores costos de transporte, nuevos empleos para la instalación de vehículos eléctricos Desventajas: aumento del tráfico en las zonas con cargadores de vehículos eléctricos y sus alrededores
Ampliar las redes de carriles bici protegidos, senderos fuera de la calle, conversiones de carriles y zonas exclusivas para peatones.	Número de millas por año de carriles para bicicletas, senderos y conversiones de carriles protegidos	Beneficios: beneficios para la salud gracias al transporte activo; mayores opciones de movilidad para personas que no pueden o no quieren conducir; reducción de accidentes de tráfico/mejora de la seguridad vial. Desventajas: mayor riesgo de accidentes de tráfico al caminar y andar en bicicleta.

Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)

Nombre de la medida / Descripción	Métrica	Beneficios/ Desventajas
Captura de carbono de los árboles Cualquier mejora neta en el número de árboles en las calles y la cubierta forestal regional secuestrará carbono y proporcionará numerosos cobeneficios.	100 árboles de calle, Cambio en el % del dosel forestal utilizando datos nacionales de cobertura del dosel arbóreo	Sombreado/refrigeración e intercepción de la lluvia por el dosel; se necesita menos energía para enfriar, menos agua de lluvia en el patio, pero hay más costos de mantenimiento de los árboles

Beneficios colaterales de la seguridad vial y la actividad física: Como se analiza en la Sección 7.5.5, reducir el VMT también disminuiría el número de lesiones y muertes en las carreteras de la región y aumentaría la actividad física. Este análisis utiliza la orientación del Departamento de Transporte de los EE. UU. (USDOT) y la Administración Federal de Tránsito (FTA) sobre el valor de las muertes y lesiones prematuras evitadas.³⁶² La **Tabla 43** resalta el valor de estos cobeneficios. Todos los valores están expresados en dólares de 2023, utilizando una tasa de descuento del 2%.

Tabla 43: Valor total de los cobeneficios de la reducción de VMT en seguridad vial y actividad física (millones de dólares de 2023, valor actual neto)

Condado	Valor medio anual de accidentes de tráfico evitados	Valor medio anual de lesiones de tráfico evitadas	Valor medio anual de aumento de la actividad física	Valor total anual promedio de reducción de VMT	Valor acumulado de la reducción de VMT (2025-2050)
Cuyahoga	252,3	80,3	2.667,9	3.002,4	78.063,6
Geauga	26,9	8,5	181,9	217,2	5.648,4
Lake	48,8	15,4	379,6	443,9	11.514,0
Lorain	75,4	23,8	748,9	848,0	22.049,2
Medina	58,1	18,3	279,0	355,4	9.240,7
Total del AMS	463,5	146,4	4.257,2	4.867,0	126.543,0

El MSA disfrutaría de beneficios anuales promedio de casi \$4.9 mil millones. Entre 2025 y 2050, los beneficios acumulados ascenderían aproximadamente a 126.500 millones de dólares. La mayor parte (87%) de estos beneficios provendrían del aumento de la actividad física, seguido por la reducción de las muertes por accidentes de tránsito (10%) y la prevención de lesiones graves (3%) en las carreteras de la región. Si bien los riesgos de un aumento de accidentes entre ciclistas y peatones podrían compensar parte (11%) de este valor (ver Sección 8.3 para más análisis de esta desventaja), los beneficios de la actividad física al cambiar a la gente al transporte activo son tan grandes que justifican la inversión por sí solos.

8.3. Posibles desventajas de las medidas de reducción de emisiones para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

La implementación presenta desventajas tanto específicas de las medidas como intersectoriales que requieren una cuidadosa consideración y anticipación. Aquí ofrecemos una descripción general de los posibles inconvenientes en una variedad de medidas.

Costo prohibitivo: Las medidas recomendadas requerirán inversiones sustanciales para su implementación, así como importantes mejoras de infraestructura. Los costos involucrados pueden resultar prohibitivos, lo que puede retrasar o incluso constituir un obstáculo para la implementación. Los perjuicios también pueden implicar costos a largo plazo para mantener las intervenciones.

Desplazamiento de la fuerza laboral: Pérdida de empleos, en particular de trabajadores menos cualificados, debido a la adopción de nuevas tecnologías que requieren conocimientos especializados únicos. Si no se implementan programas específicos de capacitación o de perfeccionamiento de habilidades, los trabajadores poco calificados pueden quedar desplazados y los beneficios de la creación de nuevos empleos pueden no llegar a ellos. El desplazamiento laboral fue señalado como una preocupación principal planteada por los miembros de la comunidad en las sesiones de participación, particularmente en lugares que dependen en gran medida de la industria para el empleo.

Procesos de permisos: Las mejoras masivas de infraestructura requerirán permisos, lo que podría agregar tiempo o retrasar su implementación.

Aumento de los impuestos sobre la propiedad: Las mejoras que resultan en eficiencia energética y conducen al desarrollo de edificios de alto rendimiento también aumentan el valor de las propiedades. El aumento del valor de las propiedades puede resultar en un aumento de los impuestos a la propiedad y podría potencialmente desplazar a los residentes marginados.

Mala mano de obra o instalación: Un posible inconveniente es la mala calidad de las obras de modernización, que pueden crear problemas de calidad del aire interior debido a la emisión de gases y generar costos adicionales. Asegúrese de la calidad de la instalación y cuente con instaladores e inspectores capacitados para evitarlo. La falta de instaladores de calidad y la imposibilidad de determinar las calificaciones de los instaladores son barreras potenciales, pero la inspección y la capacitación adecuadas (por ejemplo, la certificación) pueden reducir esta barrera para la adopción.³⁶³

Incertidumbre de la industria: Los consumidores pueden enfrentar desafíos a medida que navegan por el mercado; surgen muchas empresas nuevas que pueden enfrentar márgenes de ganancia más pequeños e inciertos y, en consecuencia, experimentar tasas de fracaso más altas. Si la empresa o el instalador cambia de manos, se declara en quiebra o cierra su negocio, esto puede generar desventajas a largo plazo para los consumidores en lo que respecta a las experiencias posteriores a la compra.³⁶⁴

Mantenimiento y Adquisición de Bienes para la Restauración de la Cubierta Arbórea: Las iniciativas de plantación de árboles destinadas a restaurar la cubierta arbórea también implicarán costos de mantenimiento y requerirán la participación ciudadana. Esto podría dificultar su implementación. Los miembros de la comunidad expresaron su preocupación por el mal mantenimiento de los árboles existentes. A muchos residentes les preocupaba que la carga del mantenimiento recaiga sobre los propietarios o cree riesgos de seguridad con la mayor frecuencia de tormentas severas. Esto representa una desventaja importante para los residentes.

Impacto negativo en el desarrollo futuro: Un posible perjuicio asociado con el aumento de la cubierta arbórea en los barrios urbanos (por ejemplo, los esfuerzos para reverdecer parcelas vacías) podría ser el retraso o la prevención del desarrollo territorial futuro a través de menores densidades de desarrollo. También existe un perjuicio cuando se gastan recursos en árboles de un vecindario que luego se talan para nuevos desarrollos, un uso menos que óptimo de recursos críticos.

Mayor riesgo de exposición a mosquitos: Los humedales restaurados, que a menudo no están situados cerca de poblaciones densas o edificios, pueden suponer un riesgo de mayor infestación de mosquitos y amenazas de transmisión de enfermedades asociadas.

Aumento de accidentes de ciclistas y peatones: A corto y mediano plazo, podría haber un aumento en el número de lesiones y muertes de peatones y ciclistas a medida que las personas dejan de conducir. La cantidad de muertes de peatones en el MSA se duplicó durante la última década, de 13 en 2013 a 26 en 2022; este aumento refleja una tendencia más amplia, ya que la cantidad de muertes de peatones aumentó en cantidades similares a nivel estatal y nacional durante ese período.³⁶⁵

A medida que aumenta el número de millas por persona en bicicleta y caminando en el Área Metropolitana de San Luis, puede haber un aumento comparable en lesiones y muertes debido a mayores niveles de exposición. Este aumento podría ser modesto y de corto plazo, ya que un aumento en el número de personas que andan en bicicleta o caminan tiende a crear un efecto de “seguridad en los números”.³⁶⁶ Además, a medida que las comunidades de todo el MSA aumenten la cantidad de infraestructura protegida para el transporte activo, las tasas de lesiones y muertes de ciclistas y peatones probablemente disminuirán.

Para calcular los posibles perjuicios que supondría un aumento de accidentes entre ciclistas y peatones, el personal siguió la metodología descrita en la Sección 7.5.5 y el Apéndice A para estimar el cambio en las millas anuales recorridas por persona en bicicleta y caminando en el MSA entre 2025 y 2050. Luego el personal ingresó estos datos en el modelo HEAT de la OMS.

En el peor de los casos, en el que la tasa de mortalidad entre ciclistas y peatones se mantiene en niveles fijos, el aumento de muertes por accidentes entre ciclistas y peatones sería suficiente para compensar todas las muertes por accidentes de tráfico evitadas en el MSA. Sin embargo, cuando se incluyen los beneficios para la salud que supone un mayor transporte activo, queda claro que los beneficios totales superan con creces los posibles inconvenientes. En este peor escenario, el aumento del riesgo de accidentes solo compensa alrededor del 11% de los beneficios totales de la reducción del VMT.

Estos datos enfatizan que las comunidades en todo el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria deben actuar rápidamente para construir una red de infraestructura de transporte activo protegida para aprovechar los beneficios de la reducción de VMT y reducir los posibles perjuicios derivados de los accidentes de tránsito.

A photograph of two children playing in a water fountain. The child on the left is a young boy with dark skin, shirtless, holding a green bucket. The child on the right is a young girl with light skin, wearing a blue cap and a blue polo shirt. Water is spraying upwards between them. The background is a blurred outdoor setting.

Análisis de beneficios para comunidades de bajos ingresos y desfavorecidas (LIDAC)



9. Análisis de beneficios para comunidades de bajos ingresos y desfavorecidas (LIDAC)

Esta sección evalúa hasta qué punto las medidas de reducción de emisiones del CCAP generarán reducciones en las emisiones de GEI y de contaminación del aire y otros beneficios para los LIDAC en todo el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. Este análisis utiliza el mismo conjunto de LIDAC que NOACA y la ciudad de Cleveland identificaron como parte del PCAP del MSA de Cleveland-Elyria, basándose en la herramienta de evaluación de justicia climática y económica (CEJST) y la herramienta de evaluación y mapeo de justicia ambiental (EJScreen).³⁶⁷ Estas herramientas permiten a las regiones evaluar una serie de indicadores relevantes en una variedad de categorías de carga para determinar si una comunidad califica como LIDAC.³⁶⁸

Los LIDAC son aquellos tramos censales con altas concentraciones de residentes con bajos ingresos y exposición desproporcionada a cargas ambientales o climáticas. Además, corren un mayor riesgo de exposición a los peligros climáticos debido a sus vulnerabilidades sociales y económicas. Los procesos y políticas gubernamentales anteriores, como la segregación residencial, han impulsado la desinversión y han contribuido a las barreras a la sostenibilidad y la resiliencia que enfrentan los LIDAC. Un análisis de los beneficios de los LIDAC es un paso fundamental para allanar el camino hacia resultados que puedan impulsar una mejor sostenibilidad y una mayor resiliencia para los residentes de los LIDAC.

9.1. Análisis de beneficios para comunidades de bajos ingresos y desfavorecidas (LIDAC)

El *Plan de Acción Climática Prioritaria del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria* identificó 253 áreas censales de 2010 como LIDAC, basándose en datos de CEJST y EJScreen. Ambas herramientas proporcionan datos sobre una combinación de atributos socioeconómicos (por ejemplo, ingresos, nivel de educación, edad) e indicadores ambientales (por ejemplo, PM_{2,5}, partículas diésel, proximidad de residuos peligrosos) para determinar el estado del LIDAC.

El CEJST proporciona información sobre las cargas ambientales y económicas que enfrentan las comunidades dentro de los EE. UU. Identifica ocho categorías de cargas y clasifica un área censal como desfavorecida si está en o por encima del percentil 90 para una o más cargas y está en o por encima del percentil 65 para ingresos bajos. EJScreen combina datos de 13 indicadores ambientales y siete indicadores socioeconómicos a nivel de tramo censal. También combina cada uno de los indicadores ambientales con un índice demográfico suplementario que incluye cinco indicadores: bajos ingresos, tasa de desempleo, hogares con población angloparlante limitada, educación inferior a la secundaria y baja expectativa de vida para crear una serie de Índices Suplementarios (IS). Si un tramo obtiene una puntuación igual o superior al percentil 90 a nivel nacional en un SI, está “cargado” por ese indicador. Para obtener una lista de todos los tramos censales de LIDAC por jurisdicción dentro del Área Estadística Metropolitana (MSA) de Cleveland-Elyria, consulte el Apéndice C.

Aproximadamente el 43,4% de los tramos censales dentro del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria son LIDAC. Estas áreas se concentran principalmente en el condado de Cuyahoga (88%), y la mayoría de ellas se encuentran dentro de la ciudad de Cleveland (66% del total del MSA). Los vecindarios de Cleveland con el mayor número absoluto de LIDAC incluyen Glenville, Broadview-Slavic Village, Hough y Mount Pleasant, aunque hay

LIDAC en casi todas las áreas de planificación estadística (SPA).³⁶⁹ En 24 vecindarios, casi todos los tramos censales, al menos el 80% de los tramos censales de ese vecindario, califican como LIDAC. Otros municipios con un número absoluto significativo de LIDAC incluyen Lorain, Euclid, East Cleveland y Elyria.³⁷⁰ Otras ciudades con una proporción significativa de LIDAC incluyen Maple Heights, Garfield Heights, Painesville y Warrensville Heights.

La **Tabla 44** proporciona la distribución de los LIDAC en los condados del MSA, lo que ilustra la concentración y la dispersión desigual de los LIDAC en la región. **Las Tablas 45 y 46**, a su vez, identifican los barrios/ZPE y ciudades con mayor concentración de LIDAC. **La figura 39** proporciona un mapa de los LIDAC.

Tabla 44: Distribución de los tramos censales de LIDAC por condado

Condado	Total de áreas LIDAC	% de LIDAC del MSA en el condado
Cuyahoga	222	87.7%
Geauga	2	0.8%
Lake	3	1.2%
Lorain	26	10.3%
Medina	0	0%
Total del AMS	253	100%

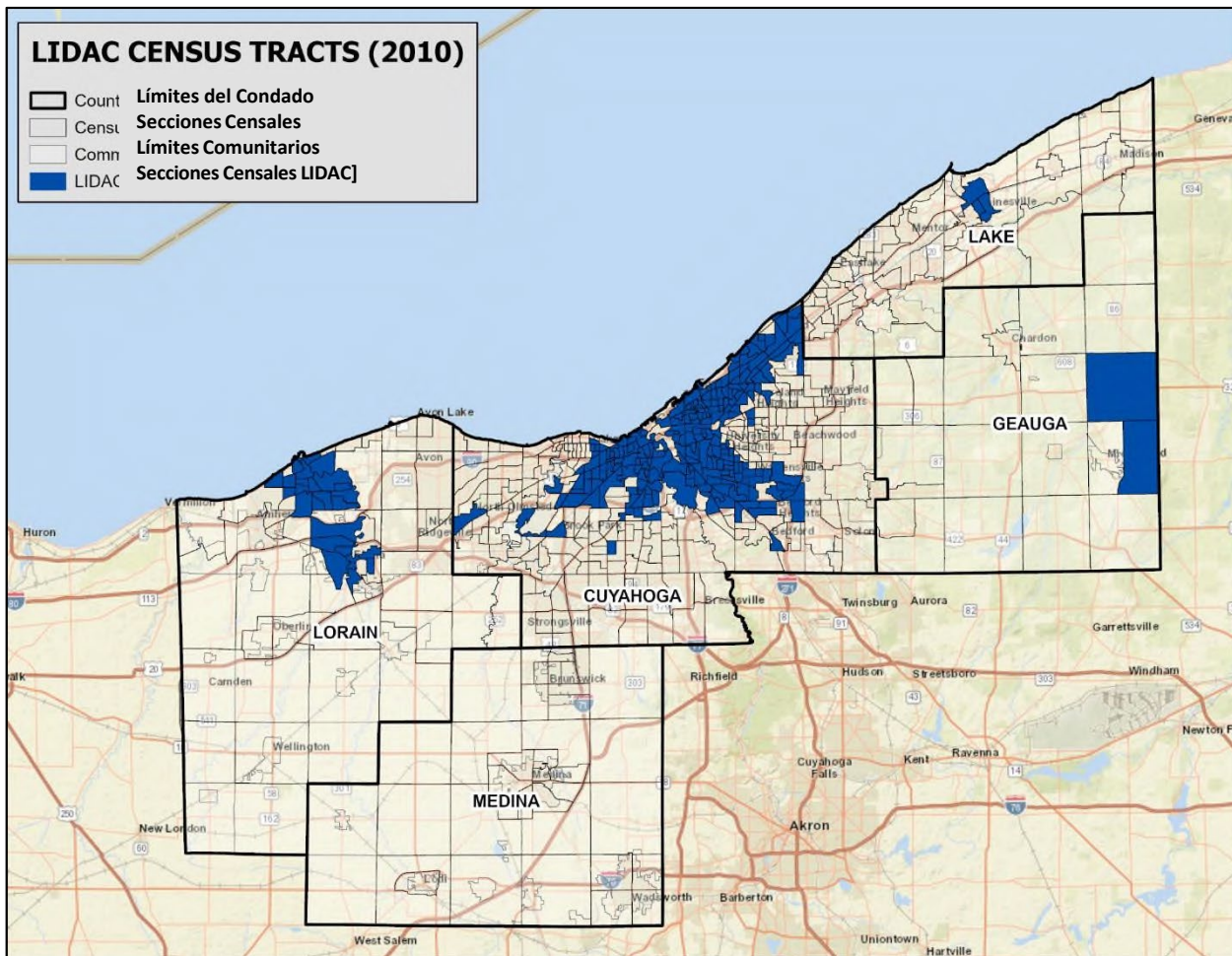
Tabla 45: Barrios de Cleveland con las mayores concentraciones de desventaja

Área de planificación vecinal/estadística	Total de áreas censales de LIDAC	Total de áreas censales Al menos 5 categorías de carga CEJST
Glenville	14	12
Old Brooklyn	9	1
Hough	8	9
Broadview-Slavic Village	11	8
Mount Pleasant	8	2

Tabla 46: Ciudades fuera de Cleveland con las mayores concentraciones de LIDAC ³⁷⁰

Ciudad/Municipio	Total de áreas censales de LIDAC	Total de áreas censales en la ciudad	LIDAC como % del total de áreas
East Cleveland	11	11	100%
Warrensville Heights	5	6	83%
Sheffield Township	5	6	83%
Euclid	12	16	75%
Lorain	17	23	74%
Garfield Heights	6	10	60%
Elyria Township	3	5	60%
Maple Heights	4	7	57%
Middlefield Township	1	2	50%

Figura 39: Áreas censales de LIDAC en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria



Si bien hay LIDAC en todos los condados excepto en el condado de Medina, el patrón general de su ubicación indica un alto grado de concentración espacial de desventajas. Los LIDAC a menudo están compuestos desproporcionadamente por poblaciones que son particularmente vulnerables a los peligros climáticos.

La **Tabla 47** muestra los 10 distritos censales del MSA que superan al menos siete categorías del CEJST, mientras que la **Tabla 48** enumera los 13 distritos que obtienen una puntuación del percentil 90 o superior en al menos 12 SI de EJScreen. Todos los tramos censales de estas tablas están ubicados dentro del condado de Cuyahoga, lo que ilustra la concentración de carga dentro de la región.

Tabla 47: Áreas censales del Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria que superan siete categorías CEJST

Ciudad	Área de planificación vecinal/estadística	Tracto censal	Número de categorías CEJST superadas
East Cleveland		39035150400	8
		39035150400	8
Cleveland	Brooklyn Center	39035105602	7
	Central	39035108701	7
	Central	39035109701	7
	Broadview-Slavic Village	39035110501	7
	Broadview-Slavic Village	39035110801	7
	St. Clair-Superior	39035111700	7

Tabla 48: Tractos censales en o por encima del percentil 90 para al menos 12 SI de EJScreen

Ciudad	Área de planificación vecinal/estadística	Tracto censal	Número de SI de EJScreen en o por encima del percentil ⁹⁰
Cleveland	Cudell	39035101101	13
	Edgewater	39035101800	13
	Detroit Shoreway	39035101901	13
	Hough	39035112301	13
	Cudell	39035101400	12
	Cudell	39035101501	12
	West Boulevard	39035101603	12
	West Boulevard	39035102101	12
	West Boulevard	39035102300	12
	West Boulevard	39035102402	12
	Goodrich-Kirtland Park	39035108301	12
	Broadview-Slavic Village	39035110901	12
	Central	39035197900	12

Como sugieren estos datos, las comunidades dentro del condado de Cuyahoga, particularmente la ciudad de Cleveland y un puñado de suburbios del primer anillo, enfrentan graves cargas debido a desventajas económicas y ambientales.

Las características demográficas socioeconómicas y raciales de los LIDAC son diferentes a las del MSA en general. Si bien casi un tercio de los residentes del MSA se identifican como personas de color, constituyen la mayoría (51,5 %) en los LIDAC. Mientras que el 28,7% de todos los residentes califican como de bajos ingresos, esa proporción alcanza el 44,3% en las zonas LIDAC. La tasa de desempleo en los LIDAC es más alta que en la región.

9.2. Participación significativa del LIDAC

La participación de la comunidad con los LIDAC para preparar este CCAP implicó múltiples procesos simultáneos para recopilar aportes de la comunidad. La ciudad de Cleveland llevó a cabo varias rondas de participación dentro de los límites de la ciudad para apuntar a los LIDAC. NOACA encargó a una empresa consultora, Joel Ratner Community Consultants, que recopilara las opiniones de la comunidad en los condados de Geauga, Lake, Lorain y Medina.

Por último, un pequeño subconjunto de municipios individuales del condado de Cuyahoga con LIDAC participaron y recopilaron comentarios de sus residentes.

9.2.1. Participación del LIDAC de la ciudad de Cleveland

El MOS de Cleveland tenía como objetivo incluir grupos y vecindarios que estaban subrepresentados durante la participación del PCAP. Los miembros de la comunidad brindaron comentarios y conocimientos a través de múltiples fuentes, incluidas mesas redondas comunitarias, talleres educativos y una encuesta. Los esfuerzos para comunicar los hallazgos incluyeron presentaciones al Consejo Asesor Climático y al Comité Directivo de la Ciudad de Cleveland (reuniones celebradas en julio y octubre de 2024) y un esquema en la actualización del CAP de 2025.

Encuesta de acción climática de la comunidad de Cleveland: La Ciudad recopiló datos de la encuesta de 368 encuestados entre el 22 de julio y el 16 de agosto de 2024. La encuesta estaba disponible en inglés y español. La encuesta tuvo como objetivo recopilar información sobre los objetivos y metas centrales que la ciudad debería priorizar en la actualización de su CAP. El personal de la ciudad pidió a los encuestados que evaluaran las posibles acciones climáticas. Los hallazgos clave de la encuesta incluyeron el deseo expresado por los encuestados de:

1. Mayor acceso a espacios verdes;
2. Mejor acceso a los alimentos y al transporte;
3. Empleo y otras oportunidades económicas;
4. Educación climática y mejora de la literatura climática; y
5. Limpieza de basura y mejores prácticas de gestión de residuos.

Si bien se trata de una herramienta útil, los encuestados eran de clase media y privilegiada; no eran representativos de la demografía de la ciudad ni de los LIDAC en general. Los encuestados eran 73% blancos,

76% con un título universitario o superior y 32% con ingresos de \$100,000 o más. No obstante, los comentarios obtenidos a partir de las respuestas de la encuesta ayudaron a garantizar una representación más diversa en las mesas redondas comunitarias presenciales.

Mesas redondas comunitarias: La ciudad de Cleveland encargó a Consultoría de Economías Sostenibles y Free by Design que llevaran a cabo seis mesas redondas comunitarias dirigidas a nueve vecindarios con la ciudad de Cleveland durante agosto y septiembre de 2024.³⁷² Los consultores organizaron cada mesa redonda en coordinación con una organización comunitaria, que actuó como socia y coanfitriona. En algunos casos, los consultores proporcionaron a las organizaciones comunitarias un estipendio por sus esfuerzos para reclutar participantes y difundir la información sobre las mesas redondas. Los consultores consideraron los estipendios como una forma de ganarse la buena fe y aprovechar la confianza establecida. Los socios promocionaron las reuniones de mesa redonda entre los posibles participantes con folletos y otros materiales distribuidos a través de una variedad de plataformas.

Los consultores seleccionaron los barrios basándose en varios factores, incluidos los datos del PCAP sobre los LIDAC que se beneficiarían más de las acciones climáticas prioritarias. Estos factores incluían: accesibilidad (por ejemplo, en la línea de tránsito), seguridad y familiaridad para los residentes. En total, 109 participantes participaron en las mesas redondas, y cada sesión tuvo entre cuatro y 33 participantes. Del total de participantes, el 82% eran residentes de la ciudad de Cleveland, el 65% eran negros, el 19% blancos y el 15% hispanos/latinos. La mayoría tenía ingresos anuales de menos de 50.000 dólares. La ciudad proporcionó un traductor de español en la mesa redonda en Clark-Fulton. Información más detallada y resúmenes de las conclusiones de las mesas redondas comunitarias están disponibles en la Ciudad de Cleveland.³⁷³ Los participantes recibieron una comida preparada en la mayoría de los eventos y, en algunos casos, tarjetas de regalo.

Antes y durante los talleres, los participantes revisaron un póster con un gráfico que desglosaba los GEI e imágenes que revelaban una mala calidad del aire y poca visibilidad sobre el lago Erie. Cada mesa redonda comenzó con una discusión general sobre el impacto del cambio climático en los vecindarios y una discusión sobre las aspiraciones de los residentes para su vecindario. A esta discusión le siguió una breve presentación, normalmente realizada por el personal de MOS. Los miembros del personal ilustraron los impactos que ya experimentan los residentes de Cleveland, incluida la mala calidad del aire, el calor extremo y tormentas más severas. También destacaron los riesgos que estos peligros representan para los residentes, como los impactos en la salud y el aumento de los costos de energía.

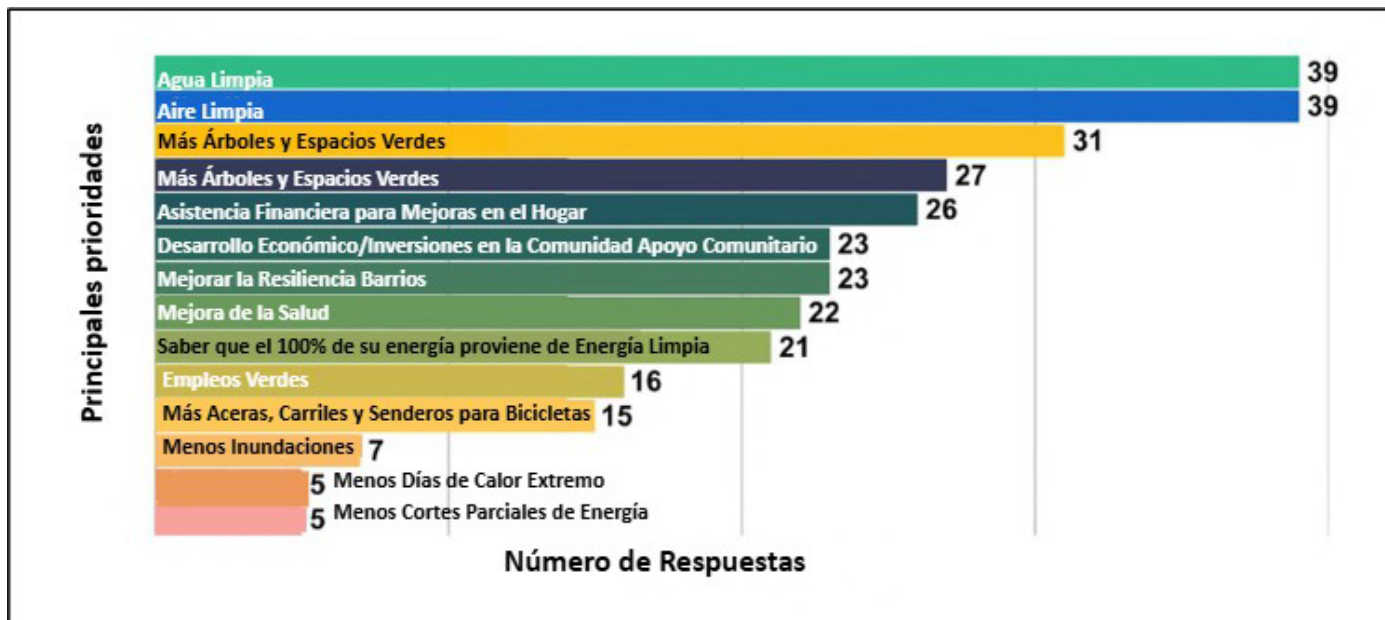
A continuación, los miembros del personal explicaron las cinco áreas de enfoque de la acción climática: (1) Entorno construido, (2) Energía limpia, (3) Transporte limpio, (4) Soluciones basadas en la naturaleza y (5) Personas resilientes. Los participantes clasificaron las tres áreas de enfoque que consideraron más importantes y luego participaron en una sesión de trabajo para discutir aquellas áreas de enfoque que recibieron las calificaciones más altas. Los debates se centraron en las barreras a la implementación, así como en las posibles soluciones. Además, los consultores preguntaron a los participantes sobre los puntos ciegos en el proceso de planificación climática de la ciudad. Después de las sesiones de trabajo, los participantes recibieron una encuesta de salida.

Las encuestas de salida proporcionaron información útil sobre las prioridades y preocupaciones de los participantes, así como sus percepciones de los beneficios, en lo que respecta al impacto del cambio climático y su vecindario. Cuando se les preguntó sobre los impactos del cambio climático en su vecindario que más les preocupan (**Figura 40**), los encuestados indicaron los impactos de las tormentas (22), las inundaciones (12), seguidos por el impacto en las plantas y los árboles (11). De manera similar, las encuestas de salida revelaron lo que los participantes veían como los beneficios potenciales de los esfuerzos realizados para abordar el cambio climático. Los beneficios más importantes de la acción climática (**Figura 41**) incluyeron agua limpia, aire limpio y más árboles y espacios verdes. La asistencia a las inversiones en mejoras de viviendas y el desarrollo económico también fueron prioridades clave y beneficios potenciales de la acción climática.

Figura 40: ¿Cuáles son los impactos del cambio climático que más le preocupan?



Figura 41: ¿Cuáles son los principales beneficios de la acción climática?



Las mesas redondas comunitarias proporcionaron una visión crítica de las prioridades y preocupaciones de los participantes. La ciudad de Cleveland y el equipo de CRDF incorporaron y abordaron los comentarios a medida que desarrollaban las estrategias y medidas del CCAP.

De las mesas redondas surgieron temas consistentes y destacados que no siempre estaban directamente alineados con el objetivo de reducción de GEI. Sin embargo, es fundamental integrar, siempre que sea posible, la retroalimentación en las medidas y objetivos del plan. Hacerlo ayuda a garantizar que el plan propuesto esté alineado con las preocupaciones y prioridades expresadas por los miembros de la comunidad y las refleje. Un gran ejemplo de esto surgió del debate de la comunidad sobre el papel de las escuelas. Los participantes identificaron regularmente a las escuelas como centros de acción climática. Desde la reducción de residuos hasta la modernización y mejora de los edificios, la eficiencia energética, la capacitación de los jóvenes para empleos verdes y una mayor concienciación para mejorar la alfabetización climática, casi todas las mesas redondas incluyeron debates en torno a las escuelas como sitios con un gran potencial de impacto. El deseo de educación pública se vio corroborado aún más por las respuestas abiertas a la pregunta de salida de la encuesta: “¿Qué recurso o tipo de apoyo podría brindar la ciudad para ayudarle a tomar medidas frente al cambio climático?” La respuesta más destacada fue garantizar que “las comunidades estén informadas y educadas sobre los temas”.

Talleres educativos: La ciudad de Cleveland también organizó cuatro talleres educativos de septiembre a octubre de 2024 para adoptar un enfoque más activo y participativo y aumentar la conciencia sobre el proceso de planificación climática. Los talleres educativos variaron en su formato y contenido para solicitar información sobre la PAC de una manera menos estructurada. Los talleres proporcionaron un punto de contacto adicional para que la Ciudad construyera y extendiera la confianza de la comunidad con diversos electores. Los talleres se centraron en comunidades específicas y en facetas de la acción climática. Uno de los talleres se centró específicamente en los jóvenes de secundaria, ya que los jóvenes son una voz clave en la planificación climática, pero a menudo quedan fuera del proceso.

En conjunto, la ciudad de Cleveland se propuso aprovechar estos diversos formatos para comprender las preocupaciones y prioridades de un sector diverso de miembros de la comunidad.

9.2.2. Participación del LIDAC de NOACA

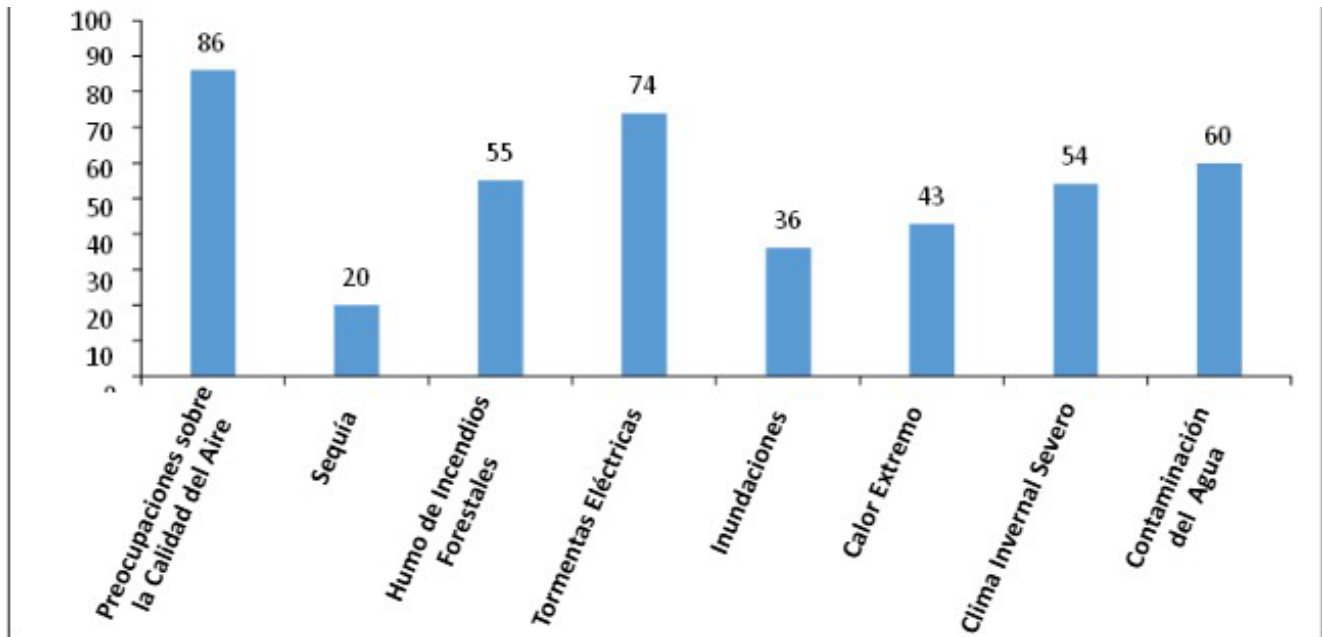
Para recopilar información de los LIDAC no representados en trabajos anteriores, NOACA contrató a JRCP, la empresa responsable de la organización y orquestación de talleres comunitarios en los condados de Geauga, Lake, Lorain y Medina. Las sesiones se llevaron a cabo en varios lugares, incluido un centro de vida asistida, una escuela primaria y un centro comunitario.

Cada sesión siguió una estructura similar. En primer lugar, el personal del JCRP realizó una presentación en PowerPoint que explicó la visión y el papel de NOACA como organización de planificación metropolitana y sus esfuerzos de planificación de acción climática y sus resultados potenciales. A menudo, durante estas sesiones, el personal señaló que la planificación de acción climática de NOACA posicionaría a sus organizaciones miembros para calificar para financiamiento federal, y se citó como ejemplo la reciente concesión de una subvención de 130 millones de dólares de la EPA para cerrar una planta alimentada con carbón en Painesville.

Después de esta presentación formal, el personal dirigió una conversación y una encuesta simultáneas. El personal alentó a los participantes a escribir sus respuestas en un formulario en papel, que el personal recogió una vez completo. Hubo algunos intercambios verbales en respuesta a las indicaciones y mientras los participantes hacían preguntas. En algunas sesiones, los participantes recibieron tarjetas de regalo (\$25) al completar y devolver la encuesta.

De las ocho categorías ofrecidas: Preocupaciones sobre la calidad del aire, sequía, inundaciones, humo de incendios forestales, tormentas eléctricas severas, calor extremo, clima invernal severo y contaminación del agua; los encuestados seleccionaron con mayor frecuencia: Preocupaciones sobre la calidad del aire, tormentas eléctricas severas, contaminación del agua (ver **Figura 42**). Los participantes discutieron con frecuencia las preocupaciones sobre la calidad del aire en términos de su impacto adverso en la salud de los niños, nietos y otros miembros de la familia que sufrían de asma y alergias.

Figura 42: ¿Qué impactos del cambio climático le preocupan más?



Los participantes plantearon varias prioridades, incluido el impacto de las políticas en el empleo, la calidad del aire y la salud. Por ejemplo, al discutir los beneficios de la descarbonización, incluido el cierre de una planta de energía a carbón en Painesville, varios participantes expresaron su preocupación por los trabajadores potencialmente desplazados. Al mismo tiempo, la gente señaló que el funcionamiento de dichas instalaciones generaba condiciones perjudiciales e impactos en la salud de la comunidad. Expresaron una mayor conciencia del impacto de los contaminantes en las afecciones respiratorias, causando aumentos en el asma, por ejemplo. Los participantes también plantearon preguntas sobre las mejoras en el transporte público, una prioridad particular para los residentes en la sesión de Lorain. Las preocupaciones sobre el transporte se extendieron a las empresas y empleadores vistos como facilitadores del acceso de los trabajadores a un transporte confiable.

Para estas comunidades, los beneficios clave que las harían susceptibles a la planificación de intervenciones serían el desarrollo de la fuerza laboral y la creación de empleo, mejoras en el transporte público y la salud comunitaria.

9.2.3. Participación del LIDAC del Condado de Cuyahoga

Si bien existe una gran diversidad regional, solo unas pocas localidades cuentan con esfuerzos, personal, comités o recursos dedicados a abordar y llevar a cabo la participación comunitaria en torno a la descarbonización. Las comunidades del condado de Cuyahoga, incluidas Cleveland Heights y Lakewood, que han participado en tales esfuerzos brindan una visión útil de cómo las necesidades y prioridades de los lugares pueden diferir y reflejar las condiciones y capacidades específicas que enfrentan sus gobiernos locales. Esta breve sinopsis de los esfuerzos de participación relevantes de LIDAC en el condado de Cuyahoga (fuera de la ciudad de Cleveland) proporciona información fundamental de Cleveland Heights, que ha realizado un trabajo de participación comunitaria en torno a la descarbonización. El condado de Cuyahoga también ha participado activamente con los gobiernos locales y planea implementar un programa piloto para trabajar con comunidades seleccionadas. El

condado pretende desarrollar una guía de recursos de acceso más general que los gobiernos locales puedan utilizar para iniciar sus esfuerzos de planificación climática individualizada y local.

Plan climático de Cleveland Heights (Condado de Cuyahoga): Cleveland Heights, un suburbio del primer anillo, fue una de esas comunidades que implementó una estrategia de participación comunitaria. Un objetivo clave del Plan de Acción Climática de Cleveland Heights fue diseñarlo conjuntamente con la comunidad y, como tal, el plan se basa en los aportes de la comunidad recopilados a través de tres talleres, dos encuestas, tres entrevistas con partes interesadas y la participación en diez eventos comunitarios celebrados durante octubre de 2023 y octubre de 2024.³⁷⁴

La participación de Cleveland Heights indicó varias preocupaciones superpuestas sobre los impactos del clima en las poblaciones desfavorecidas y vulnerables. El impacto del clima sobre la salud, tanto mental como física, fue una preocupación compartida, en particular dados los riesgos climáticos como la mala calidad del aire, el calor extremo y las tormentas severas.

Además, los residentes priorizaron los esfuerzos para ayudar a los hogares de bajos ingresos (especialmente a los inquilinos) con mejoras en el hogar que mejoren la resiliencia. Las sesiones también destacan áreas que difieren y pueden reflejar la demografía de la comunidad. Por ejemplo, los participantes identificaron impactos adversos sobre los dueños de negocios debido a las interrupciones del tránsito que pueden resultar de tormentas severas; las condiciones relacionadas con las tormentas pueden dificultar que los trabajadores que dependen del transporte lleguen a sus trabajos.

9.2.4. Integrar los comentarios del LIDAC en el desarrollo del CCAP

Basándose en los comentarios y aportes comunicados durante estos compromisos, el equipo del CRDF desarrolló una lista sintetizada de prioridades y preocupaciones del LIDAC, que se detalla en la **Tabla 49**.

Tabla 49: Prioridades y preocupaciones de la comunidad de LIDAC derivadas de la participación comunitaria

Ciudad de Cleveland	Soluciones basadas en la naturaleza	Preocupación: Contaminación del suelo
		Preocupación: Árboles/Mantenimiento de árboles
		Preocupación: Aguas residuales
		Prioridad: Deseo de soluciones a nivel micro, por ejemplo, barriles de lluvia
		Prioridad: Jardines y agricultura urbana, aunque también se plantearon preocupaciones respecto a la contaminación del suelo.
		Prioridad: Mejor calidad del agua
		Prioridad: Lotes baldíos como potenciales espacios verdes
	Entorno construido	Preocupación: El envejecimiento del parque de viviendas plantea desafíos
		Preocupación: Daños a viviendas debido a tormentas/inundaciones
		Preocupación: Daños en calles y vías públicas debido a tormentas/inundaciones

		Preocupación: Inquilinos vulnerables debido a la negligencia de los propietarios/propietarios ausentes
		Preocupación: Seguridad/deseo de barrios más seguros
		Preocupación/Prioridad: Aplicación del código de vivienda
		Prioridad: Vivienda asequible
		Prioridad: Se necesitan incentivos financieros y asistencia para realizar mejoras/actualizaciones
	Personas resilientes	Preocupación: Confianza en el gobierno de la ciudad y confiabilidad de los servicios
		Preocupación: Seguridad
		Preocupación: Falta de energía que genera otros impactos: salud y seguridad
		Prioridad: Educación, incluidas oportunidades de capacitación (por ejemplo, para el mantenimiento de las copas de los árboles), así como cambios curriculares dentro de las escuelas del CMSD y concientización pública general.
		Prioridad: Alimentos saludables accesibles / Tiendas de comestibles más saludables / Variedad de tiendas de comestibles
		Prioridad: Compromiso auténtico
	Otros sectores - Transporte	Preocupación: Contaminación del aire relacionada con el transporte causada por el tráfico
		Prioridad: Alquiler de bicicletas gratuito o de bajo coste / carriles bici protegidos
NOACA – Condados de Geauga, Lake Lorain y Medina	Prioridad - Empleos	
	Prioridad - Salud	
	Preocupación - Calidad del aire	
	Preocupación - Salud	
Alturas de Cleveland	Prioridad: Asistencia a hogares de bajos ingresos para realizar mejoras en el hogar que aumenten la resiliencia y faciliten mejoras para los inquilinos.	
	Preocupación: Las tormentas severas o las inundaciones pueden causar interrupciones en el transporte público, lo que puede afectar negativamente a quienes dependen del transporte público, incluidos los trabajadores.	
	Preocupación: Falta de conocimiento y concienciación/Alfabetización climática	
	Preocupación: Salud mental (ansiedad climática juvenil)	

	Preocupación: La mala calidad del aire, el calor extremo y las tormentas severas afectan la salud
Evento comunitario CC4CC CWRU en East Cleveland, OH*	Prioridad - Agua limpia
	Prioridad - Aire limpio
	Prioridad - Más árboles/espacios verdes
	Prioridad - Asistencia para Mejoras en la Vivienda
	Prioridad - Desarrollo Económico / Inversiones en la Comunidad
	*Si bien el evento organizado por CWRU no fue parte ni se organizó para los fines de planificación de CRDF, la encuesta de salida proporciona comentarios cruciales de una comunidad que está gravemente agobiada. A continuación se citan los 5 primeros clasificados según la encuesta de salida realizada en el evento.

9.3. Análisis de beneficios y desventajas de las medidas de reducción de emisiones para LIDAC

9.3.1. Beneficios de las medidas de reducción de emisiones para LIDAC

Los LIDAC se beneficiarán tanto directa como indirectamente de las medidas de reducción de emisiones en todos los sectores. Las inversiones específicas en los LIDAC pueden acelerar el impacto de estas medidas. La **Tabla 50** describe las medidas específicas que tienen más probabilidades de generar beneficios LIDAC. Los impactos se dividen en cuatro categorías: sanitarios, económicos, sociales y ambientales.

Tabla 50: Resumen de los beneficios de las medidas de reducción de emisiones para los LIDAC

Medida	SALUD: Mejores resultados de salud pública	ECONÓMICO: Creación de empleo, crecimiento económico, disminución o estabilización de los costos energéticos futuros	SOCIAL: Mayor resiliencia climática, mejor acceso a servicios, educación y bienestar social	AMBIENTAL: Ecológico, Mejor acceso a espacios verdes
Electricidad limpia; - Sistema de gestión de red inteligente		X		
Eficiencia edilicia y electrificación - Modernizaciones de eficiencia energética	X	X	X	

- Electrificación y energías renovables	X	X		
- Nueva construcción de alto rendimiento		X		
- Equidad en la carga energética		X		X
Soluciones basadas en la naturaleza				
- Mitigación de la isla de calor urbana	X	X	X	X
- Captura de carbono de los árboles	X			X
Electrificación de vehículos ligeros				
- Ampliar la infraestructura de carga de vehículos eléctricos (BEV)	X	X		
Reducción de millas recorridas por vehículos (VMT) Ampliar la red de carriles bici protegidos, senderos fuera de la calle, conversiones de terrenos y zonas exclusivas para peatones.	X			
Combustibles alternativos/Captura de carbono	X			
Reducción de residuos industriales	X			X

Un beneficio colateral clave para la salud pública proviene de la reducción de co-contaminantes. En los condados de Cuyahoga, Lake y Lorain, estas reducciones se producirán en gran medida en las zonas LIDAC. Como ilustra la **Tabla 51**, la gran mayoría de las reducciones de co-polutantes ocurrirán en, y serán experimentadas por, las LIDACs.

Tabla 51: La calidad del aire se beneficia conjuntamente de las medidas industriales en los países LIDAC y no LIDAC

Condado	Ubicación de la instalación	Toneladas de SO ₂ reducidas	Toneladas de NO _x Reducidas	Toneladas de COV reducidas	Toneladas de PM _{2.5} reducidas
Cuyahoga	LIDAC	63,8	35,7	16,6	3,9
	No LIDAC	45,9	37	4,8	2,1
Lake	LIDAC	0,3	2,1	4,7	0,7
	No LIDAC	0	0	0	0
Lorain	LIDAC	54,1	110,8	14,4	12
	No LIDAC	0	0	0	0
Medina	LIDAC	0	0	0	0
	No LIDAC	0,01	12,6	4,8	0,5
Total del AMS	LIDAC %	99%	86%	82%	94%
	% No LIDAC	1%	14%	18%	6%

La mayoría (57%) de los beneficios de la reducción de VMT también se producirían en los LIDAC, con un rango de 0% (condados de Geauga y Medina) a 61% (condado de Cuyahoga).

9.3.2. Desventajas de las medidas de reducción de emisiones para LIDAC

Los LIDAC experimentarán cobeneficios y desventajas tanto específicos de las medidas como intersectoriales a partir de la implementación de las medidas.

La sección de Análisis de Beneficios proporcionó una descripción detallada de los inconvenientes de las medidas para el MSA. Muchos de los inconvenientes mencionados son los mismos para los LIDAC. A continuación, se detallan los perjuicios específicos que pueden tener un impacto descomunal en las comunidades LIDAC.

1. **Costo prohibitivo:** Las medidas recomendadas requerirán inversiones sustanciales para su implementación y mantenimiento. Para los LIDAC esto representará un desafío ya que las necesidades pueden superar con creces los recursos disponibles, lo que limita la capacidad de los gobiernos locales para invertir según sea necesario.
2. **Mantenimiento y Adquisición de Bienes para la Restauración de la Cubierta Arbórea:** Las iniciativas de plantación de árboles para restaurar la cubierta arbórea también implicarán costos de mantenimiento y requerirán la participación ciudadana. Los miembros de la comunidad expresaron su preocupación por el mal mantenimiento de los árboles existentes. A muchos residentes les preocupaba que la carga del mantenimiento recaiga sobre los propietarios o cree riesgos de seguridad con la mayor frecuencia de tormentas severas, lo que representa una desventaja significativa para los residentes.
3. **Aumento de los impuestos sobre la propiedad:** Las mejoras que resultan en eficiencia energética y conducen al desarrollo de edificios de alto rendimiento también aumentan el valor de las propiedades. El aumento de la valoración de la propiedad puede generar un aumento de los impuestos a la propiedad

y conducir al desplazamiento de residentes marginados.

4. **Impacto negativo en el desarrollo futuro:** Un posible perjuicio asociado con el aumento de la cubierta arbórea en los barrios urbanos. Por ejemplo, los esfuerzos para reverdecer parcelas vacías podrían retrasar o impedir el desarrollo urbano sostenible en el futuro al reducir la densidad necesaria para el transporte público frecuente. También existe un perjuicio si las comunidades gastan recursos críticos en árboles, solo para verlos talados más tarde para nuevos desarrollos.
5. **Desplazamiento de la fuerza laboral:** Pérdida de empleos, en particular de trabajadores menos cualificados, debido a la adopción de nuevas tecnologías que requieren conocimientos especializados únicos. Si no existen programas específicos de capacitación o de perfeccionamiento, las nuevas tecnologías pueden desplazar a los trabajadores poco cualificados. Los miembros de la comunidad plantearon el desplazamiento de puestos de trabajo, en particular en lugares que dependen en gran medida de la industria para el empleo, como una preocupación principal durante las sesiones de participación.
6. **Aumento de accidentes entre ciclistas y peatones:** La Sección 8.3 señaló que el MSA podría ver un aumento en el número de ciclistas y peatones heridos y muertos en las carreteras de la región a medida que las personas dejan de conducir, al menos en el peor de los casos. Este impacto probablemente sería mayor en los LIDAC, ya que los estadounidenses negros e hispanos tienen aproximadamente de dos a cuatro veces más probabilidades de morir mientras caminan o andan en bicicleta que los estadounidenses blancos.³⁷⁵



Autoridad para implementar medidas de reducción de emisiones

10. Autoridad para implementar medidas de reducción de emisiones

Para analizar la autoridad local para implementar medidas de reducción de emisiones, es importante considerar cómo actúan los gobiernos locales para influir en las emisiones de GEI. La autoridad de la jurisdicción local para regular los GEI proviene de un “poder policial” general y amplio derivado de la constitución o de una autoridad delegada conforme a la ley estatal o federal. El uso de la autoridad policial no puede entrar en conflicto con la ley “general” (por ejemplo, la ley estatal) según los principios de primacía que se encuentran en las constituciones estatales o la primacía federal expresa o implícita según la Cláusula de Supremacía de la Constitución de los Estados Unidos.³⁷⁶

El poder policial de una ciudad o condado dentro de sus propios límites es tan amplio como el de la legislatura estatal y está sujeto únicamente a las limitaciones de la ley general. El poder policial debe ser a la vez:

- Razonablemente relacionado con un propósito gubernamental legítimo; y
- Tener una tendencia razonable a promover la salud pública, la moral, la seguridad o el bienestar general de la comunidad.³⁷⁷

El poder policial está especialmente bien establecido en la promulgación y aplicación de leyes sobre el uso del suelo. Los gobiernos locales tienen poder policial y autoridad delegada de la legislatura para establecer políticas y regulaciones sobre cambio climático para reducir los GEI en planes generales, CAP, códigos de zonificación, regulaciones TOD, secuestro de carbono (incluida la silvicultura urbana), acciones de conservación de energía a través de prácticas de construcción ecológica y códigos de alcance, conservación de agua y reducción de residuos sólidos. La autoridad de uso de la tierra está sujeta a la doctrina de derechos adquiridos y a la Ley de Mapas de Subdivisiones que limita la forma en que un cambio posterior en la ley local o la autoridad para imponer condiciones se aplican a una mejora particular de la tierra o a un mapa tentativo de derechos adquiridos para subdivisiones.³⁷⁸

El poder policial de la jurisdicción local también está sujeto a la primacía del Estado. Los condados actúan con más autonomía sobre las decisiones de gobierno que las ciudades de derecho consuetudinario; sin embargo, todas las jurisdicciones locales están controladas y sujetas a la ley estatal general. Debido a que los condados son la subdivisión legal del estado, el estado puede delegar o rescindir cualquier función delegada del estado a un condado.³⁷⁹ Las jurisdicciones locales también actúan con la autoridad de cobrar impuestos, emitir bonos e imponer tasas, cargos y tarifas.³⁸⁰ Esta autoridad se deriva de la Constitución y los estatutos de Ohio y está limitada por ellos, incluido el requisito de la aprobación de los votantes para impuestos y bonos.

Esta revisión de autoridad analizará la primacía federal y estatal con respecto a la jurisdicción local, el poder policial y la autoridad delegada. Se evaluarán las oportunidades para que las jurisdicciones locales actúen dentro de los marcos constitucionales, legislativos y regulatorios existentes y para identificar la incertidumbre con respecto a la autoridad. Esta revisión de autoridad es amplia pero no exhaustiva dada la complejidad de algunas de las leyes involucradas y la falta de actividades en ciertas áreas como la acción climática. Es necesario trabajar más en esta área para comprender las oportunidades y los desafíos que presentan las políticas locales.³⁸¹

10.1. Jurisdicción estatal y federal

A los municipios locales de Ohio se les otorgan poderes municipales de autonomía según el Artículo XVIII, §3 y §7 de la Constitución de Ohio. Los municipios tienen “autoridad para ejercer todos los poderes del autogobierno local y para adoptar y hacer cumplir dentro de sus límites los reglamentos locales de policía, sanitarios y otros similares que no estén en conflicto con las leyes generales.³⁸² Cuando la ley local entra en conflicto con la ley general, la ley general (estatal) prevalece sobre la ley local, y la ley federal prevalece sobre ambas en áreas de jurisdicción concurrente.

Las normas sobre emisiones de GEI están reguladas tanto a nivel federal como estatal. El gobierno federal establece estándares de emisiones de gases de escape, y los gobiernos estatales y locales no pueden imponer estándares alternativos. Sin embargo, California puede solicitar exenciones a la EPA de EE. UU. según el §208 de las Enmiendas a la Ley de Aire Limpio (CAAA) de 1970. La ley estatal invalida los límites locales sobre las emisiones del comercio interestatal, las aeronaves o los ferrocarriles en Ohio según la HB 201*. Por lo tanto, la descarbonización del transporte tal como se describe en los CAP del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria está sujeta a una red compleja de regulaciones concurrentes a nivel estatal y federal. Esto significa que los objetivos de reducción de emisiones locales pueden ser difíciles de implementar.

Los gobiernos locales en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria pueden, en cambio, utilizar incentivos para alcanzar sus objetivos en el sector del transporte. Sin embargo, la autoridad local puede ser anulada en casos en que se determine que la política de la ciudad entra en conflicto con el esquema regulatorio estatal. En 2015, la Corte Suprema de Ohio dictó sentencia en *el caso State ex rel. Morrison v. Beck Energy Corp.* El tribunal determinó que la enmienda de autonomía a la Constitución de Ohio no otorgaba a la ciudad de Munroe Falls la facultad de aplicar su propio sistema de permisos por encima del sistema estatal. Por ello, es poco probable que los sistemas de permisos locales prevalezcan ante los desafíos estatales. Lo mismo se aplica a las prohibiciones sobre el gas natural, que quedan totalmente anuladas por la HB. 201.³⁸³ El proyecto de ley también prohíbe la restricción del uso o la venta de un vehículo de motor en función de la fuente de energía utilizada para alimentar el vehículo de motor. Esta legislación está en total contradicción con las disposiciones de muchos CAP, en los que la electrificación de las flotas municipales y el transporte público son principios clave.

10.2. Oportunidades para políticas locales y colaboración regional

Los gobiernos locales en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria encuentran limitada su capacidad para implementar medidas de descarbonización tanto por la ley estatal como por la federal. En consecuencia, se les deja regular indirectamente las emisiones de GEI. Las jurisdicciones pueden aprovechar la infraestructura para fomentar la transición a los vehículos eléctricos. Los servicios públicos están sujetos a la supervisión de la Comisión de Servicios Públicos de Ohio (PUCO) y deben cumplir con la Ley de Políticas Regulatorias de Servicios Públicos (PURPA). Sin embargo, tienen un margen significativo para invertir en la generación de energía limpia, distribuir electrones limpios producidos por otros proveedores y ofrecer incentivos para la eficiencia energética y la electrificación. Por otro lado, las comunidades que dependen de la energía proveniente de empresas de servicios públicos propiedad de inversionistas (IOU, por sus siglas en inglés) están más limitadas por la legislación estatal y las regulaciones de PUCO, que actualmente impiden incluso los programas voluntarios de incentivos a la eficiencia energética. Además, los gobiernos locales no pueden implementar códigos de construcción que entren en conflicto con aquellos establecidos por la Junta de Normas de Construcción de Ohio.

A pesar de los obstáculos legales y regulatorios, existe espacio para que las localidades se coordinen con el gobierno estatal y federal para lograr objetivos de descarbonización significativos. En el sector del transporte, las agencias estatales y federales pueden proporcionar fondos a los municipios locales para que inviertan en la carga de vehículos eléctricos y electrifiquen las flotas públicas. Al trabajar en conjunto a través de lugares como NOACA, el estado de Ohio puede ayudar a los condados y ciudades a lograr que los esfuerzos de descarbonización en el sector del transporte tengan más probabilidades de implementarse con éxito.

La política de desarrollo industrial puede ser un poderoso motor para el crecimiento regional si se dirige a empresas centradas en la descarbonización, la eficiencia energética, la reducción y reutilización de residuos, los materiales de construcción ecológicos, los viveros y materiales, tecnologías o estrategias similares. Por ejemplo, Ohio ofrece un programa de incentivos para fomentar la instalación de energía solar. Estos incentivos incluyen los Certificados de Energía Solar Renovable (SREC), que permiten a los residentes y empresas obtener créditos por cada megavatio-hora que generan sus sistemas fotovoltaicos. Los incentivos federales incluyen el Crédito Fiscal a la Producción (PTC) y el Crédito Fiscal a la Inversión (ITC) para instalaciones de energía limpia, aunque cambios recientes en las políticas han limitado significativamente la disponibilidad de estos créditos fiscales.³⁸⁴ Estos incentivos demuestran cómo los gobiernos pueden utilizar la política de desarrollo industrial para descarbonizar.³⁸⁵

Los esfuerzos de descarbonización relacionados con la electrificación, la energía residencial y comercial, la gestión de residuos y materiales y la AFOLU requieren una conciliación entre las políticas estatales y locales. Muchas agencias estatales como PUCO se anticipan a cualquier acción municipal en estas áreas. Para que los esfuerzos de descarbonización tengan éxito, los gobiernos estatales deben otorgar autoridad para tomar decisiones a los gobiernos locales en estas áreas bajo el principio de jurisdicción autónoma.

Además, más regiones dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria tendrían que adoptar CAP. Actualmente, los condados de Geauga, Lake, Lorain y Medina no tienen un CAP. Los municipios dentro de esos condados, fuera de Oberlin, tampoco tienen CAP, aunque Painesville fue parte de la coalición que aseguró \$129,4 millones en fondos de implementación del CPRG. Si más gobiernos municipales y de condado actúan como pioneros para promover la acción climática, la legislatura estatal puede estar más inclinada a promulgar políticas para apoyar esos esfuerzos.

10.3. Oportunidades para expandir la autoridad local

Existen oportunidades para que los gobiernos locales dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria promuevan políticas que amplíen su capacidad para implementar las medidas del CCAP, particularmente a nivel estatal. La colaboración con las empresas de servicios públicos contribuirá significativamente a la descarbonización. Los ejemplos incluyen programas piloto de respuesta a la demanda para edificios residenciales y defensa de políticas del estado de Ohio que permitan a las IOU participar activamente y ampliar dichos programas.

Entre ahora y 2035, los gobiernos locales pueden abogar por las siguientes políticas estatales:

- Legislación para posibilitar la energía solar comunitaria, incluidas políticas de medición neta virtual;
- Permiso de la PUCO para que las comunidades se asocien con las IOU para poner a prueba programas de respuesta a la demanda residencial;

- Restauración y ampliación del Estándar de Cartera de Eficiencia Energética (EERS) estatal y del Estándar de Cartera de Energía Avanzada (AEPS);
- Implementación de estructuras de precios de horario de uso (TOU) a través de casos de tarifas IOU que recompensan el uso de energía fuera de horas punta;
- Implementar medidores inteligentes y acceder a datos de energía en tiempo real a través de casos de tarifas IOU;
- Promover el desarrollo y despliegue de VPP para agregar recursos energéticos distribuidos para la confiabilidad de la red, la integración renovable y la reducción de emisiones ante la PUCO y la legislatura;
- Alentar a la PUCO a ampliar las políticas de fijación de tarifas basadas en el desempeño para las IOU que fomenten inversiones rentables en confiabilidad y resiliencia, incluidas las tecnologías de mejora de la red (GET);
- Implementar de manera completa y justa los programas de financiación de energía limpia y eficiencia energética operados por el estado, incluidos el Fondo de Reducción de Gases de Efecto Invernadero (GGRF), el programa Solar for All (SFA), el programa de Reembolsos para la Eficiencia del Hogar (HOMES) y el programa de la Ley de Reembolso de Hogares Eléctricos de Alta Eficiencia (HEEHRA);
- Ampliar los programas de asistencia y protección de servicios públicos para clientes residenciales, incluido el Programa de Asistencia Energética para Hogares de Bajos Ingresos (LIHEAP), y crear protecciones de corte de servicios públicos para los clientes durante los meses de verano;
- Autorizar la expansión del ferrocarril de pasajeros dentro del estado;
- Ampliar la financiación del ODOT para el transporte público y otras formas de transporte sostenible;
- Reducir o eliminar los impuestos excesivos de matriculación de vehículos híbridos, vehículos eléctricos híbridos enchufables y vehículos eléctricos de batería;
- Explorar la adopción de tarifas de usuario basadas en VMT para infraestructura de transporte
- Implementar completamente el programa NEVI para la carga pública de vehículos eléctricos a lo largo de los corredores de carreteras;
- Apoyo estatal para la evaluación de lugares prioritarios para el secuestro geológico de CO₂;
- Reglamentos estatales para permitir y regular adecuadamente el secuestro geológico de CO₂; y
- Financiar completamente programas que promuevan soluciones basadas en la naturaleza, incluido H2Ohio. Entre ahora y 2035, los gobiernos locales pueden abogar por las siguientes políticas federales:
- Protección, restauración y ampliación de las subvenciones y créditos fiscales existentes que apoyan la implementación de las medidas del CCAP;
- Reautorización del parque eólico marino en el lago Erie;
- Autorización de la Comisión Reguladora Nuclear para la expansión de la generación nuclear en la central eléctrica de Perry

Para obtener más información sobre la Autoridad para Implementar Medidas de Reducción de Emisiones, incluidas las entidades responsables de la implementación de las medidas, consulte el *Manual de Implementación del CCAP* y el Apéndice D.

Intersección con otras fuentes de financiación disponibles



11. Intersección con otras fuentes de financiación disponibles

Con la aprobación de la IRA y la Ley de Inversión en Infraestructura y Empleos (IIJA), el gobierno federal realizó la mayor inversión en acción climática de la historia. Sin embargo, debido a cambios en las políticas a nivel federal, muchas de las oportunidades de financiamiento creadas y ampliadas a través de estos proyectos de ley han sido eliminadas, rescindidas, limitadas o han dejado un futuro incierto.

Por esas razones, el CCAP se centra en un conjunto más amplio de acciones y mecanismos financieros que las propias comunidades pueden aprovechar y tener a su disposición, en particular enfoques basados en el mercado. Las comunidades deberían considerar seriamente mecanismos de financiamiento combinados o “apilados” múltiples para aumentar la viabilidad de cualquier proyecto. Para obtener más información sobre el financiamiento, revise la sección “Cómo pagarlo” en el *Manual de implementación del CCAP*.

Para obtener información detallada sobre los programas locales, estatales y federales que las comunidades dentro del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria pueden utilizar potencialmente para financiar las medidas del CCAP, consulte el Apéndice D, que describe las oportunidades de financiamiento para cada medida y detalla si las entidades dentro de la región ya han obtenido fondos de implementación.

Análisis de la planificación de la fuerza laboral

12. Análisis de la planificación de la fuerza laboral

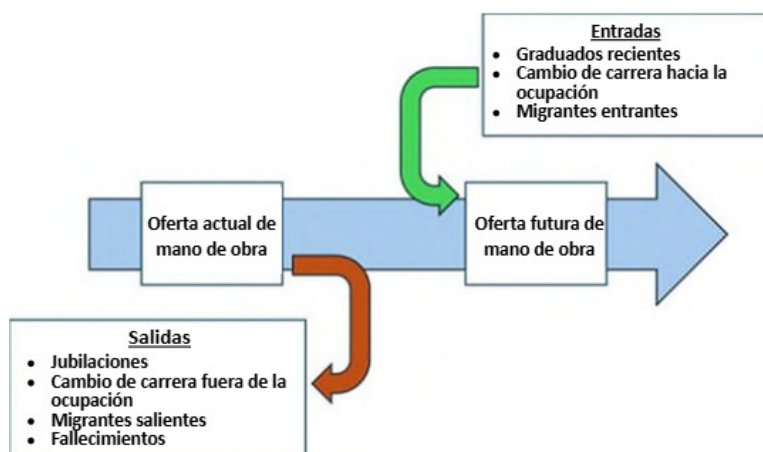
Una fuerza laboral calificada y adaptable es fundamental para alcanzar los objetivos de reducción de GEI de la región. En esta sección se describen posibles escaseces de mano de obra que podrían impedir la implementación de las medidas prioritarias identificadas en este marco. El CCAP incluye estrategias para abordar la posible escasez de fuerza laboral, incluidos socios potenciales en este esfuerzo. El mercado laboral considerado para este análisis es el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria. Las MSA representan una aproximación razonable de un mercado laboral local, lo que las convierte en la unidad de análisis adecuada para este proceso de planificación de la fuerza laboral.³⁸⁶

Para cada medida de descarbonización, el miembro del equipo del CRDF que propuso la medida también identificó las ocupaciones necesarias para implementarla. Luego, el equipo complementó esta lista consultando ChatGPT para identificar ocupaciones adicionales relevantes para la instalación y el mantenimiento de la medida propuesta.³⁸⁷ Por ejemplo, el chatbot de IA dedujo que la implementación de energía solar a gran escala requeriría un *instalador de líneas eléctricas*, además de los roles de *electricista* e *instalador de paneles solares* propuestos originalmente por el equipo de CRDF. Los miembros del equipo CRDF validaron las ocupaciones sugeridas por ChatGPT con la base de datos ocupacional O*NET del Departamento de Trabajo de EE. UU.³⁸⁸ Luego, los títulos ocupacionales se asignaron al sistema de Clasificación Ocupacional Estándar (SOC), que las agencias federales utilizan para categorizar a los trabajadores y organizar las estadísticas de empleo por ocupación.

12.1. Análisis de la oferta de fuerza laboral

A continuación, el equipo del CRDF utilizó un modelo de stock y flujo para proyectar la oferta de fuerza laboral en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria para las ocupaciones necesarias para implementar medidas de reducción de GEI. Las agencias federales de Estados Unidos y organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud utilizan ampliamente modelos de stock y flujo como un enfoque sencillo para proyectar la oferta de fuerza laboral por ocupación en comparación con métodos estadísticos más complejos.³⁸⁹ La **figura 41** proporciona una versión conceptual del modelo de stock y flujo utilizado para proyectar la oferta de fuerza laboral a continuación.

Figura 41: Modelo de stock y flujo para proyecciones de oferta de fuerza laboral³⁹⁰



La oferta de fuerza laboral para una ocupación depende de la cantidad de trabajadores actualmente empleados en la región; individuos que se mudan dentro o fuera de una región; graduados recientes de programas educativos locales; personas que cambian de carrera y entran o salen de una ocupación, y aquellos que abandonan la fuerza laboral por completo (por ejemplo, jubilación).

El equipo obtuvo datos sobre el empleo ocupacional actual por código SOC para el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria de la Oficina de Estadísticas Laborales (BLS) a través de su programa de Estadísticas de Salarios y Empleo Ocupacional (OEWS).³⁹¹ Además de los datos de la Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense (ACS), el equipo estimó las entradas y salidas de la fuerza laboral a través de la Encuesta de Población Actual (CPS) de la Oficina del Censo de los EE. UU. y el Sistema Integrado de Datos de Educación Postsecundaria (IPEDS) del Departamento de Educación de los EE. UU.³⁹² El equipo estimó la oferta laboral basándose en los cinco años más recientes de datos disponibles.

El equipo obtuvo la demanda de fuerza laboral proyectada y las salidas de fuerza laboral esperadas por ocupación en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria del Departamento de Empleos y Servicios Familiares de Ohio (ODJFS) a través de sus Proyecciones de Empleo Ocupacional.³⁹³ El equipo basó estas proyecciones en datos de BLS, localizados para reflejar la demanda ocupacional anticipada en cada una de las áreas estadísticas metropolitanas de Ohio.³⁹⁴ Las proyecciones de empleo basadas en BLS representan la cantidad de empleos necesarios para respaldar la actividad económica futura esperada.³⁹⁵

El equipo restó la oferta de fuerza laboral proyectada de la demanda de fuerza laboral proyectada para evaluar el riesgo de escasez en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria para cada ocupación requerida para implementar medidas prioritarias de reducción de GEI. Si la demanda proyectada excedía la oferta, el equipo marcaba esa ocupación como una posible escasez de fuerza laboral. Serán necesarias soluciones para abordar la escasez de fuerza laboral regional para dichas ocupaciones.

La Tabla 52 muestra el excedente o escasez de fuerza laboral estimada para las ocupaciones necesarias para implementar medidas prioritarias de reducción de GEI en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria. La tabla compara la oferta laboral proyectada con la demanda proyectada para cada ocupación y muestra las diferencias absolutas y porcentuales. Las ocupaciones en las que la demanda supera la oferta suponen un riesgo potencial de escasez, al igual que las ocupaciones con un superávit de menos del 5% en las que pequeños cambios en la demanda o la deserción podrían generar déficit.

Tabla 52: Excedente y escasez de mano de obra por ocupación para medidas de reducción de GEI en el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria

Ocupación	Demanda de empleo estimada para 2025	Estimación de la oferta de fuerza laboral para 2025	Escasez o excedente (empleos)	Escasez o superávit (%)	Ingreso anual medio (2024\$)
Silvicultor	20	17	-3	-16.6%	61.050\$
Inspector de construcción	704	607	-97	-13.8%	66.910\$
Trabajadores de mantenimiento, maquinistas	262	250	-12	-4.5%	57.560\$
Ingeniero de calidad	3.772	3.626	-146	-3.9%	98.760\$
Técnico de mantenimiento	12.438	12.284	-154	-1.2%	49.390\$
Ingeniero eléctrico	1.156	1.143	-14	-1.2%	99.330\$
Electricista	4.714	4.661	-53	-1.1%	65.630\$
Conductor de camión	12.744	12.737	-6	0.0%	57.090\$
Supervisores de primera línea de mecánicos, instaladores y reparadores	3.877	3.910	32	0.8%	78.210\$
Instalador de líneas eléctricas	543	553	10	1.9%	88.920\$
Analista de Sistema Informático	3.007	3.073	66	2.2%	97.190\$
Supervisores de primera línea de oficinas de construcción	3.476	3.565	89	2.6%	78.090\$
Operadores de centrales eléctricas	30	31	1	2.7%	66.850\$
Administrador de redes y sistemas informáticos	3.118	3.218	100	3.2%	93.080\$

Ocupación	Demanda de empleo estimada para 2025	Estimación de la oferta de fuerza laboral para 2025	Escasez o excedente (empleos)	Escasez o superávit (%)	Ingreso anual medio (2024\$)
Operador de planta de energía nuclear	70	72	3	3.6%	124.030\$
Distribuidor y despachador de energía	110	114	4	4.0%	88.480\$
Mecánicos e instaladores de HVAC	2.540	2.676	136	5.4%	61.680\$
Ingeniero civil	1.420	1.509	90	6.3%	85.030\$
Fontaneros, instaladores de tuberías y montadores de vapor	2.789	3.016	226	8.1%	62.820\$
Operador de grúa	371	403	32	8.7%	62.460\$
Arquitectos	661	725	64	9.7%	87.470\$
Arquitectos paisajistas	80	88	8	9.8%	77.400\$
Ingeniero de Salud y Seguridad	30	33	3	11.0%	118.320\$
Planificador urbano	141	162	21	14.9%	69.700\$
Analista de Sostenibilidad	4.881	5.631	750	15.4%	75.770\$
Instalador de energía solar fotovoltaica	80	94	15	18.2%	53.640\$
Analista de ciberseguridad	935	1.125	190	20.3%	105.990\$
Técnico de aerogeneradores	15	24	9	64.4%	76.960\$

Si bien los instaladores de energía solar fotovoltaica y los técnicos de turbinas eólicas muestran actualmente un excedente de fuerza laboral, ambas ocupaciones representan una base de empleo muy baja en la región. Como resultado, incluso aumentos modestos en el despliegue de energía renovable a gran escala o distribuida podrían rápidamente convertir estas ocupaciones en una situación de escasez. Dado el pequeño tamaño de la actual

reserva de mano de obra, los sistemas regionales de capacitación y reclutamiento pueden carecer de la capacidad de responder rápidamente a una mayor demanda, en particular si se ponen en marcha simultáneamente varios proyectos de energía limpia.

12.2. Cómo abordar la escasez de personal para la implementación de las medidas del CCAP

El siguiente paso es identificar estrategias específicas para abordar la posible escasez de fuerza laboral. El objetivo es identificar soluciones viables y los socios clave que pueden ayudar a implementarlas. Esto incluye esfuerzos para ampliar los canales de capacitación, atraer nuevos participantes, apoyar las transiciones profesionales y retener a los trabajadores existentes. En la siguiente sección se describen posibles enfoques adaptados a brechas ocupacionales específicas. Los enfoques se basan en un análisis reciente del panorama de la fuerza laboral del sector climático encargado por la Fundación Cleveland, que proporciona una base oportuna para construir una estrategia de desarrollo de la fuerza laboral climática regional ampliamente compartida.

12.2.1. Alinear los programas de formación con las ocupaciones de alto crecimiento en el sector del clima

La región debe priorizar la capacitación para ocupaciones centrales para la descarbonización y la resiliencia, incluidos electricistas, auditores energéticos y especialistas en envolventes de edificios. La capacidad de capacitación actual es insuficiente para satisfacer las necesidades proyectadas en estas y otras funciones de infraestructura limpia.

Pasos prácticos:

- Desarrollar credenciales acumulables a corto plazo alineadas con certificaciones de energía limpia (por ejemplo, NABCEP, BPI).
- Incorporar temas de eficiencia energética y electrificación en los programas de estudio técnicos y profesionales existentes.
- Identificar y llenar vacíos en programas de capacitación orientados a la carrera profesional para ocupaciones más nuevas, como técnicos de infraestructura de carga de vehículos eléctricos y especialistas en bombas de calor.
- Alinear el contenido del curso con las necesidades de habilidades definidas por el empleador a través de planes de estudio desarrollados conjuntamente.

12.2.2. Aumentar el acceso a la formación y al empleo para las poblaciones marginadas

Barreras como el cuidado infantil, el transporte, el acceso digital y la participación previa en el sistema de justicia penal dificultan el acceso a buenos empleos en sectores relacionados con el clima. Los residentes de barrios históricamente desinvertidos en el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria a menudo han enfrentado los mayores desafíos para acceder a oportunidades profesionales.

Pasos prácticos:

- Asociarse con organizaciones comunitarias, como Towards Employment y Urban League of Greater Cleveland, para brindar servicios integrales.
- Utilice centros de capacitación y extensión basados en el vecindario para mejorar la accesibilidad.
- Proporcionar estipendios y servicios de apoyo (por ejemplo, pases de transporte, asistencia jurídica) para los participantes de la capacitación.
- Desarrollar estrategias de reclutamiento dirigidas a poblaciones subrepresentadas, con métricas claras de inclusión y acceso.

12.2.3. Creación de una entidad coordinadora regional para el desarrollo de la fuerza laboral climática

En la actualidad, los esfuerzos de planificación de la fuerza laboral y del clima operan de manera aislada. Un organismo de coordinación centrado en el empleo relacionado con el clima puede mejorar la alineación entre proveedores de capacitación, empleadores y socios comunitarios.

Pasos prácticos:

- Formar un grupo de trabajo regional sobre fuerza laboral climática o ampliar una plataforma existente (por ejemplo, asociaciones sectoriales).
- Utilice este grupo para definir prioridades ocupacionales, agrupar recursos y supervisar estrategias de financiación.
- Coordinar la recopilación de datos y el análisis del mercado laboral para rastrear la dinámica de la oferta y la demanda. Asegúrese de que todos los programas apoyados estén diseñados para promover la participación inclusiva y defender los estándares de calidad laboral.

12.2.4. Involucrar a los empleadores en modelos de fuerza laboral escalables

Los empleadores, en particular en los sectores de la construcción y la energía limpia, a menudo tienen dificultades para ofrecer capacitación debido a limitaciones de recursos o cargas administrativas. Una participación más amplia de los empleadores es fundamental para crear oportunidades de colocación y adecuar la capacitación a la demanda real.

Pasos prácticos:

- Ofrecer asistencia técnica para ayudar a las pequeñas y medianas empresas a participar en programas de aprendizaje o pasantías.
- Desarrollar consorcios de capacitación compartida para ocupaciones de alta demanda, como instalaciones solares y modernizaciones energéticas.
- Crear colaboraciones de contratación regionales donde los empleadores agrupen vacantes de nivel inicial y se comprometan a contratar a partir de modelos de capacitación de cohorte.
- Diseñar sistemas de incorporación flexibles que ayuden a las empresas a retener a sus trabajadores en el inicio de sus carreras.

12.2.5. Integración de los resultados de la fuerza laboral en las inversiones públicas y filantrópicas

Las inversiones en clima e infraestructura crean una ventana de oportunidad para vincular el despliegue de capital con la creación de empleo. Los objetivos de desarrollo de la fuerza laboral deberían integrarse directamente en la financiación, las adquisiciones y el diseño de programas.

Pasos prácticos:

- Incluir requisitos de asociación de la fuerza laboral en los proyectos de energía limpia financiados por los gobiernos locales y las fundaciones.
- Exigir a los ofertantes que demuestren conexiones con programas de capacitación locales y un plan de contratación inclusiva.
- Utilice acuerdos de beneficios comunitarios o acuerdos laborales de proyectos para formalizar los estándares laborales y garantizar un amplio acceso de la comunidad a las oportunidades.
- Realice un seguimiento de los resultados por datos demográficos, código postal y métricas de calidad del trabajo.

12.2.6. Pilotaje y ampliación de programas de capacitación sectoriales

Los programas piloto específicos pueden abordar la escasez urgente de fuerza laboral y probar modelos escalables. Los programas deben priorizar caminos claros hacia el acceso a ocupaciones, el compromiso del empleador con la contratación y el apoyo continuo a los trabajadores.

Pasos prácticos:

- Lanzar capacitación basada en cohortes en energía solar, electrificación de edificios y eficiencia energética, con participación directa de los empleadores.
- Involucrar a intermediarios laborales como Towards Employment o Manufacturing Works en el reclutamiento y la colocación.
- Implementar estrategias de retención (por ejemplo, tutoría, subsidios salariales, servicios de seguimiento) para garantizar la sostenibilidad laboral.
- Evaluar la eficacia y escalabilidad de los programas piloto utilizando métricas regionales compartidas.

El Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria cuenta con una infraestructura de fuerza laboral fundamental y socios del ecosistema comprometidos. Sin embargo, sin una mejor alineación y una integración más fuerte de los empleadores, la región puede ser incapaz de satisfacer sus necesidades de fuerza laboral en materia de energía limpia. Una estrategia regional de fuerza laboral basada en estos pasos prácticos puede garantizar que las inversiones climáticas se traduzcan en empleos duraderos y de alta calidad en toda la región.

Conclusión



13. Conclusión

La implementación del CCAP para alcanzar los ambiciosos objetivos climáticos del MSA de Cleveland-Elyria requerirá un trabajo concertado y continuo por parte de cada uno de los cinco condados y 164 comunidades del MSA, en todos los sectores de la economía y por actores de todo tipo, incluidos residentes, empresas, grupos comunitarios, escuelas y agencias gubernamentales. Las acciones descritas en este plan transformarán muchas de las formas en que producimos y consumimos energía dentro del MSA, pero este cambio también brindará beneficios significativos para las personas de toda la región.

Como lo ilustra el Capítulo 4, el cambio climático representa una amenaza clara y presente para el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria, y la gente de toda la región ya siente estos impactos. Desde el humo de los incendios forestales que cubrió la región en junio de 2023 hasta las peligrosas olas de calor de junio de 2024 y junio de 2025 y los devastadores tornados que dejaron sin electricidad a 400.000 personas en agosto de 2024, el cambio climático ya no está distante en el tiempo ni en el espacio. Sus efectos ya están aquí y se agravarán si no actuamos con decisión para abordar este desafío.

Los capítulos 8 y 9 demuestran que la acción climática representa una oportunidad sin precedentes para imaginar un nuevo futuro en el que el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria sea una región vibrante con abundantes recursos (económicos, humanos, naturales y sociales) que formen la base para un éxito sostenible a largo plazo. El Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria está mejor posicionada que muchas otras áreas estadísticas metropolitanas para tener éxito en las próximas décadas, pero ese futuro no está previsto. Las decisiones que tomemos en los próximos cinco años pueden colocar a la región en este camino hacia el éxito, y este CCAP proporciona un mapa detallado de ese destino.

No existe un enfoque único para la acción climática, y lo que tiene sentido para las Ciudades Legado no necesariamente tendrá sentido para los Suburbios del Anillo Exterior o las Comunidades Rurales. Este CCAP y el *Manual de Implementación del CCAP* que lo acompaña describen estrategias que son accesibles para todas las comunidades. Los líderes comunitarios pueden elegir medidas que aborden mejor sus necesidades únicas y respondan a sus condiciones específicas. Sin embargo, el CCAP incluye seis estrategias “Go Big” para el MSA que pondrán a la región a la vanguardia de la acción climática y la harán competitiva en todos los Grandes Lagos y en todo el país. Estos son:

1. Ampliación de la generación nuclear en la central nuclear de Perry
2. Desarrollo de la energía eólica marina en el lago Erie
3. Producción de acero con cero emisiones netas en Cleveland-Cliffs
4. Ampliación del servicio de trenes de pasajeros y trenes ligeros
5. Desarrollo de una instalación regional de captura directa de aire (DAC) para eliminar carbono de la atmósfera.
6. Implementar una “Iniciativa de Bosques de Cabecera” para reforestar 10 millas cuadradas de las cabeceras de las cuencas de la región

Estas estrategias de “Gran Dimensión” y las demás medidas de este CCAP no serán fáciles ni baratas, y los actores de todos los niveles pueden intentar retrasar la acción. Sin embargo, los costos de la inacción son sustanciales y aumentan día a día, y los beneficios de la acción superan significativamente los costos. Tal como lo comprendió el alcalde Stokes hace más de 50 años, los desafíos ambientales, económicos y sociales comunes del noreste de Ohio están entrelazados. Este CCAP puede proporcionar una guía para que el Área Metropolitana de Cleveland-Elyria vuelva a ser “casi legendaria”, esta vez como líder climático.

Notas finales



Notas finales

¹Comité de Obras Públicas del Senado de los Estados Unidos, Subcomité sobre Contaminación del Aire y del Agua, 1970, *Contaminación del aire--1970: audiencias, Nonagésimo primer Congreso, segunda sesión, sobre S. 3229, S. 3466 [y] S. 3546*. Washington: Gobierno de EE.UU. Print. Off, 412, https://www.google.com/books/edition/Water_Pollution_1970_Hearings_Before_the/DOVGAQAAMAAJ?hl=en&gbpv=1&dq=we%20in%20cleveland&pg=PA405&printsec=frontcover , consultado el 5 de septiembre de 2025

²Stradling, R. y Stradling, D., 2015. *Donde ardía el río: Carl Stokes y la lucha por salvar a Cleveland* . Cornell University Press.

³Comité de Obras Públicas del Senado de los Estados Unidos, Subcomité sobre Contaminación del Aire y del Agua, 1970, *Contaminación del aire--1970: audiencias, Nonagésimo primer Congreso, segunda sesión, sobre S. 3229, S. 3466 [y] S. 3546*. Washington: Gobierno de EE.UU. Print. Off, 412, https://www.google.com/books/edition/Water_Pollution_1970_Hearings_Before_the/DOVGAQAAMAAJ?hl=en&gbpv=1&dq=we%20in%20cleveland&pg=PA405&printsec=frontcover , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁴Stradling, R. y Stradling, D., 2015. *Donde ardía el río: Carl Stokes y la lucha por salvar a Cleveland* . Prensa de la Universidad de Cornell.

⁵ Programa de Investigación sobre el Cambio Global de Estados Unidos (USGCRP), 2023, *Quinta Evaluación Nacional del Clima* . Crimmins, A.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, B.C. Stewart y TK Maycock, Eds. Washington, DC: USGCRP, págs. 2-4, <https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2023/11/CircularA-4.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁶Ibíd., 2-4 – 2-5.

⁷Ibíd., 2-33.

⁸EPA de EE. UU., 1 de marzo de 2023, *Programa de subvenciones para la reducción de la contaminación climática: Subvenciones de fórmula para la planificación: Guía del programa para estados, municipios y agencias de control de la contaminación del aire* , Oficina de Aire y Radiación de la EPA de EE. UU., Washington, D. C., <https://www.epa.gov/inflation-reduction-act/about-cprg-planning-grant-information> , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁹NOACA, 2024, *Plan de Acción Climática Prioritaria del Área Estadística Metropolitana de Cleveland- Elyria* , Cleveland: NOACA, https://www.eneo2050.com/files/ugd/2114d4_9aa04a96e04f43b4823270eb196196b6.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁰ Programa de subvenciones para la reducción de la contaminación climática de la EPA de EE. UU.: *Subvenciones de fórmula para la planificación - Orientación programática* , 49.

¹¹El 22 de abril de 2025, la EPA de EE. UU. proporcionó una guía de seguimiento que indicaba que ya no era necesario un análisis de beneficios del LIDAC. La guía establecía que los beneficiarios de las subvenciones de planificación del CPRG eran “libres de desagregar el análisis de beneficios según cualquier factor de su elección”.

¹²Jeffries, Tamara, Ezra Kraus y Julie Topf, junio de 2023, *Informe sobre las vías de descarbonización regional: Implicaciones para la ciudad de Cleveland* , SDSN.

¹³En su Boletín 23-01 del 21 de julio de 2023, la Oficina de Administración y Presupuesto (OMB) adoptó demarcaciones actualizadas para las Áreas Estadísticas Metropolitanas (MSA) en todo Estados Unidos. Este memorando agregó el condado de Ashtabula al MSA de Cleveland-Elyria, expandiéndolo a una región de seis condados. Sin embargo, debido a que esta designación ocurrió después de que la EPA de EE. UU. realizó su adjudicación provisional de la subvención de planificación CPRG a NOACA, el CCAP se adhiere al MSA anterior de cinco condados. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/07/OMB->

[Bulletin-23-01.pdf](#) , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴Comisión de Planificación del Condado de Cuyahoga (CCPC), septiembre de 2021, "Censo 2020: Densidad de población y área", <https://www.countyplanning.us/resources/census-data/decennial-census/2020-population-density-and-area/#counties> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁵Oficina del Censo de Estados Unidos. "Estimaciones demográficas y de vivienda de la ACS". *Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Perfiles de Datos de Estimaciones Quinquenales de la ACS, Tabla DP05* , 2022, <https://data.census.gov/table/ACSDP5Y2022.DP05?q=All+Counties+within+Cleveland-Elyria,+OH+Metro+Area> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁶NOACA, 2025, Capítulo 1, "Visualizar el futuro", en *weNEO2050+* , Cleveland: NOACA, https://www.eneo2050.com/files/ugd/9911f1_d28d24c16e7b4125bb076984c3805d9b.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁷Ibíd.

¹⁸Oficina del Censo de EE. UU., Departamento de Comercio de EE. UU. "Origen hispano o latino por raza". *Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Tablas detalladas de estimaciones de 5 años de la ACS, Tabla B03002*,

<https://data.census.gov/table/ACSDT5Y2023.B03002?q=Race+and+Ethnicity&g=050XX00US39035,39055,39085,39093,39103> . consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁹Oficina del Censo de EE. UU., Departamento de Comercio de EE. UU. "Edad mediana por sexo." *Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Tablas detalladas de las estimaciones quinquenales de la ACS, Tabla B01002*, <https://data.census.gov/table/ACSDT5Y2023.B01002?q=B01002:+Median+Age+by+Sex&g=050XX00US39035,39055,39085,39093,39103> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁰Oficina del Censo de EE. UU., Departamento de Comercio de EE. UU. "Estimaciones demográficas y de vivienda de la ACS". *Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Perfiles de Datos de Estimaciones Quinquenales de la ACS, Tabla DP05*,

<https://data.census.gov/table/ACSDP5Y2023.DP05?q=age&g=050XX00US39035,39055,39085,39093,39103&moe=false> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²¹Oficina del Censo de EE. UU., Departamento de Comercio de EE. UU. "Características sociales seleccionadas en los Estados Unidos". *Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Perfiles de Datos de Estimaciones Quinquenales de la ACS, Tabla DP02*,

<https://data.census.gov/table/ACSDP5Y2023.DP02?q=selected+social+characteristics&g=050XX00US39035,39055,39085,39093,39103&moe=false> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²²NOACA, "Visualizar el futuro, en *weNEO2050+* , 35.

²³Ibíd., 38

²⁴Ibíd., 38,41,46-47

²⁵Ibíd., 35

²⁶Oficina de Estadísticas Laborales de EE. UU., "Estadísticas de empleo y salarios ocupacionales, Cleveland, OH, mayo de 2024", Sistema de consulta de estadísticas de empleo y salarios ocupacionales,

<https://data.bls.gov/oes/#/home> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁷NEOSCC, 2013, *Productos Vibrant NEO 2040* , https://vibrantneo.org/wp-content/uploads/2014/01/NEOSCC-Products-Summary_12_13_13-1.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁸Condado de Cuyahoga, 2021, "Zonas de equidad", <https://cuyahogacounty.gov/department-of-equity-and-inclusion/equity-zones> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹EPA de EE. UU., 2024, *Inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero de EE. UU.: 1990-2022*. Washington, DC: EPA de EE. UU., <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2022> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰ICLEI, 2012, *Protocolo comunitario de EE. UU. para la contabilidad y la presentación de informes sobre emisiones de gases de efecto invernadero* , <https://icleiusa.org/us-community-protocol/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

- ³¹ Para una revisión más detallada de la metodología del inventario de GEI, consulte el informe *del Inventario Regional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Área Metropolitana de Cleveland- Elyria 2022* : https://www.eneo2050.com/files/ugd/9911f1_c2a252cd915141fc8e2eb003f8abb312.pdf .
- ³²EPA de EE. UU., 2013, “Acerca del Programa de Informes de GEI”, <https://ccdsupport.com/confluence/display/ghgp/About+the+GHG+Reporting+Program> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³³ EPA de EE. UU., 2024, *Inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero de EE. UU.: 1990-2022* , Washington, D.C.: U.S. EPA. <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2022>, accessed September 5, 2025
- ³⁴USDA, 2024, Cap. 2. Datos a nivel de condado, en: *Censo de Agricultura* , Washington, DC: USDA, https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2022/Full_Report/Volume_1_Chapter_2_County_Level/Ohio/ , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³⁵ *Programa de subvenciones para la reducción de la contaminación climática de la EPA de EE. UU.: Subvenciones de fórmula para la planificación - Orientación programática* , 52.
- ³⁶SBTN, 2020, “¿Qué son los SBT?” <https://sciencebasedtargetsnetwork.org/about/what-are-sbts/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³⁷ Robinson, John B. "Futuros bajo cristal: una receta para quienes odian predecir". *Futuros* 22.8 (1990): 820-842.
- ³⁸EPA de EE. UU., “Explorador de datos del inventario de gases de efecto invernadero”, <https://cfpub.epa.gov/ghgdata/inventoryexplorer/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³⁹ EPA de EE. UU., “ Herramienta de detección y mapeo de impactos en la salud de la evaluación de riesgos de cobeneficios (COBRA) ” <https://www.epa.gov/cobra> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁴⁰ Para los fines de este análisis, el personal aplicó la metodología descrita en Mailloux, NA, Abel, DW, Holloway, T. y Patz, JA (2022). PM2. a nivel nacional y regional. 5 - Beneficios para la salud relacionados con la calidad del aire derivados de la eliminación de emisiones relacionadas con la energía en los Estados Unidos. *GeoSalud* , 6 (5), e2022GH000603
- ⁴¹ UNFCCC, *Acuerdo de París*, 12 de diciembre de 2015, FCCC/CP/2015/10/Add.1.
- ⁴² IPCC, 2023: “Resumen para responsables de políticas”, en: *Cambio climático 2023: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, H. Lee y J. Romero (eds.)]. Ginebra, Suiza: IPCC, págs. 1-34, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/summary-forpolicymakers/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁴³ IPCC, 2018: Resumen para responsables de políticas. En: *Calentamiento global de 1,5 °C. Informe especial del IPCC sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales y las trayectorias de emisiones globales de gases de efecto invernadero relacionadas, en el contexto del fortalecimiento de la respuesta global a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos para erradicar la pobreza* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, PR] Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, JBR Matthews, Y. Chen, X. Zhou, MI Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. Cambridge, Reino Unido y Nueva York: Cambridge University Press, págs. 3-24, <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/> , consultado el 5 de septiembre de 2025 Programa Copernicus, 10 de enero de 2025, “Copernicus: 2023 es el año más caluroso registrado, con temperaturas globales cercanas al límite de 1,5 °C”, <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-first-year-exceed-15degc-above-pre-industrial-level> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁴⁴ IPCC, 2023, *Cambio climático 2023: Informe de síntesis* .
- ⁴⁵ Ripple, W. J., Wolf, C., Gregg, J. W., Rockström, J., Mann, M. E., Oreskes, N., ... & Crowther, T. W. (2024). El informe sobre el estado del clima de 2024: Tiempos peligrosos en el planeta Tierra. *BioScience*, biae087.

- ⁴⁶Evaluación Integrada de Ciencias de los Grandes Lagos (GLISA), 2025, “Noreste de Ohio – OH03”, <https://glisa.umich.edu/division/northeastern-ohio/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁴⁷Berkeley Earth, 2025, “Cambio climático local: 40.99 N, 80.95 O”, <https://berkeleyearth.org/temperature-location/40.99N-80.95W> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁴⁸Un escenario de menor calentamiento corresponde a la Trayectoria de Concentración Representativa (RCP) 4,5; en este escenario, las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) alcanzan su punto máximo alrededor de 2040 y disminuyen a partir de entonces, hasta llegar finalmente a cero neto. Según el RCP4.5, la temperatura global aumenta entre 1,1 y 2,6 °C, con un promedio de 1,8 °C. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 014: Anexo II: Glosario [Mach, KJ, S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* , Ginebra, Suiza: IPCC, <https://apps.ipcc.ch/glossary/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁴⁹ En este escenario, RCP8.5, las emisiones continuarán aumentando en las próximas décadas y no disminuirán antes de 2100. Como tal, las temperaturas globales aumentan entre 2,6 y 4,8 °C, con una media de 3,7 °C.
- ⁵⁰Barnes, Clair, et al., 2023, “El cambio climático más que duplicó la probabilidad de condiciones climáticas extremas de incendios en el este de Canadá”, Imperial College London, <https://doi.org/10.25561/105981> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁵¹ Ciudad de Cleveland, mayo de 2024, *Evaluación de riesgo y vulnerabilidad climática* , https://drive.google.com/file/d/1HmnPHr_EL_ZZdFWNTWIA4i4C8eBJBxQT/view?usp=sharing , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁵²Azavea, Templado: Su compañero de planificación para la adaptación climática, temperate.io, consultado el 22 de agosto de 2022.
- ⁵³Ibídem.
- ⁵⁴GLISA, “Climatologías de los Grandes Lagos: Cleveland.”
- ⁵⁵ Programa de Investigación sobre el Cambio Global de Estados Unidos (USGCRP), 2023: *Quinta Evaluación Nacional del Clima* . Crimmins, Arkansas, CW Avery, República Dominicana Easterling, K.E. Kunkel, B.C. Stewart, and T.K. Maycock, Eds. Programa de Investigación sobre el Cambio Global de EE. UU., Washington, D.C., EE. UU., <https://doi.org/10.7930/NCA5.2023> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁵⁶Programa Regional de Ciencias y Evaluaciones Integradas (RISA) de la NOAA, Corporación RAND y Red de Directores de Sostenibilidad Urbana (USDN), 2022, *Herramienta de Planificación de Mitigación y Riesgos Climáticos (CHaMP)* , Santa Mónica, CA: Corporación RAND, <https://www.rand.org/pubs/tools/TLA386-9.html> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁵⁷USGCRP, 2017, “Capítulo 8: Sequías, inundaciones e incendios forestales”, en *Informe especial sobre ciencia del clima: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen I* , <https://science2017.globalchange.gov/chapter/8/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁵⁸First Street Foundation, 2020, “Documento de metodología técnica del modelo de inundación de First Street Foundation”, https://assets.firststreet.org/uploads/2020/06/FSF_Flood_Model_Technical_Documentation.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁵⁹ NOAA NCEI, *Base de datos de eventos de tormenta* , 2020, <https://www.ncdc.noaa.gov/stormevents/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁶⁰ Servicio Meteorológico Nacional de Cleveland, 2024, “Vientos y tornados severos el 6 de agosto de 2024”, https://www.weather.gov/cle/event_20240806_severeweather , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁶¹ USGCRP, 2018. “Capítulo 2: Nuestro clima cambiante”, en *Impactos, riesgos y adaptación en los Estados Unidos: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen II*, <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/2/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁶²Laboratorio Nacional Argonne (ANL), 2023, Portal de Riesgo Climático y Resiliencia (ClimRR), Chicago: UChicago Argonne, LLC, <https://climrr.anl.gov/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁶³EPA de EE. UU., “Reconsideración final de los estándares nacionales de calidad del aire ambiental para

material particulado (PM)", <https://www.epa.gov/pm-pollution/final-reconsideration-national-ambient-air-quality-standards-particulate-matter-pm> , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁶⁴Nolte, Christopher G., et al. "Relaciones regionales entre temperatura y ozono en Estados Unidos bajo múltiples escenarios climáticos y de emisiones". *Revista de la Asociación de Gestión del Aire y los Residuos* 71.10 (2021): 1251-1264.

⁶⁵Ibidem.

⁶⁶Ibidem.

⁶⁷Programa de Investigación sobre el Cambio Global de los Estados Unidos (USGCRP), "Conjunto de herramientas de resiliencia climática de EE. UU.:

Glosario", <https://toolkit.climate.gov/content/glossary> , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁶⁸Adger, W. Neil. "Vulnerabilidad." *Cambio ambiental global* 16, no. 3 (2006): 268-281.

⁶⁹Susan L. Cutter, Bryan J. Boruff y W. Lynn Shirley, "Vulnerabilidad social ante los riesgos ambientales", *Social Science Quarterly* 84, n.º 2 (2003): 242–261, <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002> , consultado el 5 de septiembre de 2025.

⁷⁰ Ibid.

^{70b} Fondo de Defensa Ambiental, Universidad Texas A&M y Darkhorse Analytics, 2025, "Índice de Vulnerabilidad Climática", <https://climatevulnerabilityindex.org/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁷¹Datos de la Unión de Científicos Preocupados, 2021, *Demasiado calor para funcionar: Evaluación de las amenazas que el cambio climático representa para los trabajadores al aire libre* , https://www.ucs.org/sites/default/files/2021-09/Too-Hot-to-Work_9-7.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁷² Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de EE. UU., 2025, "Informes de poblaciones y subpoblaciones sin hogar de los programas de asistencia para personas sin hogar del Continuum of Care (CoC)", <https://www.hudexchange.info/programs/coc/coc-homeless-populations-and-subpopulations-reports/?filter Year=2024&filter Scope=CoC&filter State=OH&filter CoC=&program=CoC&group=PopS ub> . Oficina del Censo de Estados Unidos. "Edad y sexo." *Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Tablas temáticas de estimaciones de 1 año de la ACS, Tabla S0101* , [https://data.census.gov/table/ACSST1Y2022.S0101?g=310XX00US17460\\$0500000](https://data.census.gov/table/ACSST1Y2022.S0101?g=310XX00US17460$0500000) . Departamento de Educación y Fuerza Laboral de Ohio, 2025, "Datos sobre la elegibilidad para comidas gratuitas y a precio reducido", <https://education.ohio.gov/Topics/Student-Supports/Food-and-Nutrition/Resources-and-Tools-for-Food-and-Nutrition/Data-for-Free-and-Reduced-Price-Meal-Eligibility> . Oficina del Censo de EE. UU., Departamento de Comercio de EE. UU. "Características de la discapacidad". *Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Tablas temáticas de estimaciones de 1 año de la ACS, Tabla S1810* , [https://data.census.gov/table/ACSST1Y2023.S1810?t=Disability&g=050XX00US39035,39035\\$0600000,39055,39085,39093,39103](https://data.census.gov/table/ACSST1Y2023.S1810?t=Disability&g=050XX00US39035,39035$0600000,39055,39085,39093,39103) . Healthy Northeast Ohio, 2025, "Adultos con asma actual" y "Adultos con EPOC", <https://www.healthyneo.org/indicators> , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁷³ Fitzpatrick, MC y Dunn, RR, 2019. Análogos climáticos contemporáneos de 540 áreas urbanas de América del Norte a fines del siglo XXI. *Comunicaciones de la naturaleza* , 10 (1), pp.1-7.

⁷⁴ USDA, 2023, "Mapa de zonas de rusticidad de las plantas: Ohio", Washington, DC: USDA, https://planthardiness.ars.usda.gov/system/files/OH300_HS.png , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁷⁵ Matthews, SN, Iverson, LR, Peters, MP y Prasad, AM, 2018. Evaluación de las posibles presiones del cambio climático en los Estados Unidos continentales: mapeo de las zonas de rusticidad de las plantas, zonas de calor, grados-día de crecimiento y severidad acumulada de la sequía a lo largo de este siglo. *RMAP-NRS-9: Newtown Square, PA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Estación de Investigación del Norte. 31 pág. , 9 , págs.1-31.*

⁷⁶EPA de EE. UU., 2021, *Cambio climático y vulnerabilidad social en los Estados Unidos: Un enfoque en seis impactos* , www.epa.gov/cira/social-vulnerability-report , consultado el 5 de septiembre de 2025

- ⁷⁷ Illinois Renewables Solar Company, 24 de mayo de 2025, “How Offshore Wind Powers Illinois's Clean Energy Future”, <https://www.illinoisrenew.org/energy-transition-pathways/how-offshore-wind-powers-illinois-clean-energy-future/>, consultado el 5 de septiembre de 2025 Agencia de Investigación y Desarrollo Energético del Estado de Nueva York (NYSERDA), 2020, *Estudio de viabilidad de la energía eólica en los Grandes Lagos*, Albany, NY: NYSERDA, <https://www.nyserda.ny.gov/All-Programs/Clean-Energy-Standard/Clean-Energy-Standard-Resources/Great-Lakes-Wind-Feasibility-Study>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁷⁸ Cozzi, Laura, Timor Gul, Thomas Spencer y Peter Levi, 18 de abril de 2024, “La energía limpia está impulsando el crecimiento económico”, IEA, <https://www.iea.org/commentaries/clean-energy-is-boosting-economic-growth>, consultado el 5 de septiembre de 2025 <https://www.iea.org/commentaries/clean-energy-is-boosting-economic-growth>
- ⁷⁹ Rennert, Kevin, Cora Kingdon y Brian Prest, 13 de marzo de 2025, “Social Cost of Carbon 101”, Recursos para el Futuro, <https://www.rff.org/publications/explainers/social-cost-carbon-101/>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁸⁰EPA de EE. UU., noviembre de 2023, *Informe de la EPA sobre el costo social de los gases de efecto invernadero: Estimaciones que incorporan avances científicos recientes*, https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-12/epa_scghg_2023_report_final.pdf, consultado el 5 de septiembre de 2025. Este análisis utilizó 2023 como año del valor actual y como año del dólar.
- ⁸¹ Oficina de Análisis Económico de EE. UU. (BEA), 2024, “Producto Interno Bruto por Condado y Área Metropolitana, 2023”, <https://www.bea.gov/news/2024/gross-domestic-product-county-and-metropolitan-area-2023>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁸²La EPA de EE. UU. recomienda una tasa de descuento del 2 %, basada en la actualización de 2023 de la Circular A-4 de la Oficina de Administración y Presupuesto (OMB); sin embargo, la EPA también incluye estimaciones que utilizan tasas de descuento del 1,5 % y el 2,5 %, por lo que ese rango se incluye aquí. Oficina de Administración y Presupuesto (OMB), 2023, *Circular A-4*, <https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2023/11/CircularA-4.pdf>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁸³Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL), “Cambium” <https://www.nrel.gov/analysis/cambium.html>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁸⁴Hoja de referencia de ClearPath - Factores de intensidad de carbono predeterminados: <https://docs.google.com/document/d/1WwVVipNBxY8vkbN1zVqv5J2JOtYld4CV/edit?usp=sharing&oid=114957718777074117870&rtpof=true&sd=true>.
- ⁸⁵Si bien las normas CAFE se aplican a vehículos medianos y pesados, los factores de emisiones utilizados se basan en vehículos livianos, porque ha habido un análisis limitado del impacto en toda la flota.
- ⁸⁶Centro para Soluciones Climáticas y Energéticas (C2ES), “Estándares federales para vehículos”, <https://www.c2es.org/content/regulating-transportation-sector-carbon-emissions/>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁸⁷ EPA de EE. UU., julio de 2023. *Norma final: reducción gradual de los hidrofluorocarbonos: Metodología de asignación de asignaciones para 2024 y años posteriores*, https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-07/SAN-8838-Final-Rule_Fact-Shee_508.pdf, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ⁸⁸ *Programa de subvenciones para la reducción de la contaminación climática de la EPA de EE. UU.: Subvenciones de fórmula para la planificación - Orientación programática*, 53.
- ⁸⁹La Junta de Salud del Condado de Cuyahoga ha desarrollado una ordenanza de árboles modelo que las comunidades de todo el Área Estadística Metropolitana de Cleveland-Elyria pueden utilizar para informar su trabajo. Una copia de esta ordenanza modelo está disponible en Venancius, J., Brand, R., Morris, A. y Mulloy, K., 2024. Análisis de las ordenanzas sobre árboles en el condado de Cuyahoga, Ohio, y recomendaciones para una política a nivel de condado para proteger los árboles. *Revista de Salud Pública de Ohio*, 6(2), págs.13-22.
- ⁹⁰Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), 8 de abril de 2025, “Una red confiable para un futuro eléctrico: Estudio de confiabilidad de la red de NEMA”, <https://www.makeitelectric.org/wp->

[content/uploads/2025/04/grid-reliability-study-nema-deck.pdf](#) , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁹¹Estos detalles se describen en el “Pronóstico de la demanda de energía”, en el Apéndice B.

⁹²Switch Together, 2025, “Cooperativa Solar del Condado de Cuyahoga”,

<https://switchtogether.com/en/solar/cuyahogacounty/home> , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁹³NOACA, marzo de 2025, “Informe del Inventario Regional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Área Metropolitana de Cleveland-Elyria 2022”,

https://www.eneo2050.com/files/ugd/9911f1_c2a252cd915141fc8e2eb003f8abb312.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁹⁴ibídem.

⁹⁵Gostlin, Desirae, 18 de diciembre de 2023, “La construcción está en marcha para la segunda planta de energía de Lordstown que abastecerá de energía a 800.000 hogares”,

<https://spectrumnews1.com/oh/columbus/news/2023/12/08/lordstown-second-power-plant> , consultado el 5 de septiembre de 2025. El Centro de Energía de Lordstown comenzó a operar en 2018.

⁹⁶En la primavera de 2024, Enbridge Energy adquirió los activos de East Ohio Gas Company de Dominion Energy.

⁹⁷Richard A. Michelfelder, Eugene A. Pilotte, Cambio climático, condiciones climáticas invernales extremas y costos de producción de electricidad, *The Electricity Journal*, Volumen 35, Número 3, 2022, 107093, ISSN 1040-6190, <https://doi.org/10.1016/j.tej.2022.107093> , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁹⁸NOAA NCEI, “Datos climáticos comparativos (CCD)”, <https://www.ncei.noaa.gov/products/land-based-station/comparative-climatic-data> , consultado el 5 de septiembre de 2025

⁹⁹NREL, “Calculadora PVWatts®”, <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php> , consultado el 5 de septiembre de 2025

NYS Clean Heat, “¿Cómo calentaré y enfriaré mi casa cuando se corte la luz?”, <https://cleanheat.ny.gov/heat-pumps-cold-climates-power-outage/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁰⁰Las tarifas residenciales de mayo de 2025 provienen de <https://poweroutage.us/electricity-rates> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁰¹ Clark, Kevin, 20 de febrero de 2025, “Los largos plazos de entrega están condenando a algunos proyectos propuestos de plantas de gas”, *Power Engineering* , <https://www.power-eng.com/gas/turbines/long-lead-times-are-dooming-some-proposed-gas-plant-projects/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁰² “Painesville inicia el proyecto solar más grande de Ohio para reemplazar una planta de carbón”, *Cleveland 19 News* , 6 de agosto de 2024. <https://www.cleveland19.com/2024/08/06/painesville-begins-ohio-largest-solar-project-replace-coal-plant/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁰³ “Las comunidades de energía pública de Ohio buscan proyectos solares con financiación de la EPA”, *Asociación Estadounidense de Energía Pública* , agosto de 2024.

<https://www.publicpower.org/periodical/article/ohio-public-power-communities-pursue-solar-projects-with-epa-funding> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁰⁴Agustín, Chad, Sarah Fisher, Jonathan Ho, Ian Warren y Erik Witter. 2023 Análisis mejorado de disparos geotérmicos para la Oficina de Tecnologías Geotérmicas. Golden, CO: Laboratorio Nacional de Energías Renovables. NREL/TP-5700-84822. <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/84822.pdf> , accessed September 5, 2025

¹⁰⁵SOPEC, “Programa de Precios Públicos”, <https://www.sopec-oh.gov/public-pricing-program> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁰⁶Deepa Vedavyas, mensaje de correo electrónico a NOACA, 22 de julio de 2025.

¹⁰⁷ Asociación Nacional de Agencias de Aire Limpio (NACAA), 2015, cap. 10 “Reducir las pérdidas en el sistema de transmisión y distribución”, en la *implementación del Plan de Energía Limpia de la EPA: Un menú de opciones* , Washington, DC: NACAA, www.4cleanair.org/wp-content/uploads/Documents/Chapter_10.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁰⁸El tamaño promedio de estos sistemas es de aproximadamente 5 MW de energía renovable y 20 MWh de almacenamiento en baterías.

¹⁰⁹Si bien los proyectos solares a gran escala a menudo proyectan entre 2,5 y 4 acres por MW, esperamos que los proyectos en zonas industriales abandonadas requieran un uso de la tierra algo menos eficiente debido a las formas y consideraciones únicas del sitio.

¹¹⁰Los datos de capacidad instalada provienen de PUCO. La ciudad de Cleveland convirtió la capacidad instalada en producción de electricidad asumiendo una capacidad de kWh por kW de 1271,4, según datos de PVWatts. Para obtener más información sobre la energía solar residencial en Ohio, lea: d'Aversa, L. y d'Aversa, J., 2025, "Estado de la energía solar residencial en Ohio: 2024", UNPREDICTABLEcity, <https://unpredictable.city/insights/state-of-residential-solar-in-ohio-2024> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹¹¹Oficina de Energía Nuclear del Departamento de Energía de EE. UU., 24 de marzo de 2021, "La energía nuclear es la fuente de energía más confiable y ni siquiera se acerca", <https://www.energy.gov/ne/articles/nuclear-power-most-reliable-energy-source-and-its-not-even-close> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹¹²EIA de EE. UU., 2022, "Costos nivelados de los recursos de nueva generación en el *Informe Anual de Energía Outlook 2022*," Washington, DC: U.S. EIA, https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf , accessed September 5, 2025

¹¹³Michael Weidokal, presidente de Análisis Estratégico Internacional, presentación ante el Consejo de Relaciones Exteriores de Cleveland, 1 de abril de 2025

¹¹⁴Sovacool, BK y Ryu, H., 2025. Más allá de las economías de escala: Aprendiendo de los riesgos de sobrecostos y retrasos en la construcción de proyectos de infraestructura energética global. *Investigación energética y ciencias sociales* , 123 , pág.104057.

¹¹⁵El proyecto fue abandonado por los desarrolladores Fred Olsen NA en 2023, pero los planes emergentes sugieren que el proyecto podría revivir: <https://www.cleveland.com/news/2025/02/is-the-halted-effort-to-put-wind-turbines-in-lake-erie-being-revived.html>

¹¹⁶Joselow, Maxine, Lisa Friedman y Brad Plumer, 3 de septiembre de 2025, "La Casa Blanca ordena a las agencias intensificar la lucha contra la energía eólica marina", *The New York Times* , <https://www.nytimes.com/2025/09/03/climate/trump-administration-offshore-wind.html> , consultado el 3 de septiembre de 2025.

¹¹⁷ <https://fervoenergy.com/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹¹⁸Agustín, Chad, Sarah Fisher, Jonathan Ho, Ian Warren y Erik Witter. 2023* Análisis mejorado de disparos geotérmicos para la Oficina de Tecnologías Geotérmicas. Golden, Colorado: Laboratorio Nacional de Energías Renovables. NREL/TP-5700-84822. <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/84822.pdf> , accessed September 5, 2025

¹¹⁹Los costos de los proyectos de energía geotérmica están fuertemente influenciados por la calidad del yacimiento: temperatura, caudales y permeabilidad; el LCOE promedio ponderado global se encuentra entre USD 0,071/kWh y USD 0,077/kWh; IRENA (2024), Costos de generación de energía renovable en 2023, Agencia Internacional de Energías Renovables, Abu Dabi

¹²⁰Extensión Agrícola de la Universidad Estatal de Ohio (OSU), abril de 2016, "El proceso de cosecha de miscanto en el noreste de Ohio", *CORN Boletín informativo*, <https://agcrops.osu.edu/newsletter/corn-newsletter/process-harvesting-miscanthus-northeast-ohio> , consultado el 5 de septiembre de 2025 ¹

¹²¹Corix," Cleveland Thermal," <https://www.corix.com/systems/cleveland-thermal/> , consultado el 5 de septiembre de 2025 <https://www.corix.com/systems/cleveland-thermal/>

¹²²Cleveland Owns, 2025, "Iniciativa de Democracia Energética", <https://www.clevelandowns.coop/the-energy-democracy-initiative> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹²³Oficina del Censo de EE. UU., Departamento de Comercio de EE. UU. "Año de construcción de la estructura." Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Tablas detalladas de las estimaciones de 1 año de la ACS, Tabla B25034, <https://data.census.gov/table/ACSDT1Y2023.B25034?q=B25034:+Year+Structure+Built&g=050XX00US39035,39055,39085,39093,39103&moe=false> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹²⁴Oficina del Censo de EE. UU., Departamento de Comercio de EE. UU. "Características físicas de las viviendas ocupadas". Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Tablas temáticas de estimaciones quinquenales de la ACS, Tabla S2504,

<https://data.census.gov/table/ACSST5Y2023.S2504?q=S2504:+Physical+Housing+Characteristics+for+Occupied+Housing+Units&g=050XX00US39035,39055,39085,39093,39103&moe=false> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹²⁵Vecinos Unidos Solares, 2024, "Hoja informativa: Medición neta en Ohio",

<https://solarunitedneighbors.org/resources/net-metering-in-ohio> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹²⁶ Thorsell, Michelle & Sollod, Joseph, 2024, *Desarrollo de la fuerza laboral: Cómo el Medio Oeste cumplirá equitativamente sus objetivos climáticos en las nuevas construcciones* de Chicago: Alianza para la Eficiencia Energética del Medio Oeste, https://www.mwalliance.org/sites/default/files/meea-research/workforce_development.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹²⁷ United Way del Gran Cleveland, "¿Cómo ha influido la segregación histórica en el Gran Cleveland?" <https://www.unitedwaycleveland.org/about-us/counties-served/the-effects-of-redlining/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹²⁸ Rolfe, S., Garnham, L., Godwin, J., Anderson, I., Seaman, P. y Donaldson, C., 2020. La vivienda como determinante social de la salud y el bienestar: desarrollo de un marco teórico realista basado en la experiencia. *BMC Salud Pública* , 20 (1), p.1138.

¹²⁹ Ciudad de Cleveland y WRLC, 30 de mayo de 2023, "Inventario de propiedades de la ciudad de Cleveland – 2023", Ciudad de Cleveland, <https://storymaps.arcgis.com/stories/943f26c946994574a8d5f05cecf10a59> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹³⁰ Preece, 2025

¹³¹Corporación de Ciencias de la Construcción, 2006, *DTW: Cleveland, OH - EcoVillage Cleveland - Caso práctico* , <https://buildingscience.com/documents/case-studies/cs-ecovillage-cleveland> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹³²Oberlin College, "Adam Joseph Lewis Center for Environmental Studies", <https://www.oberlin.edu/aj-lewis> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹³³Los ERV intercambian aire interior y exterior mientras transfieren calor y humedad entre las corrientes de aire, lo que reduce el uso de energía de HVAC y mantiene la comodidad al recuperar energía sensible y latente. DOAS suministra aire exterior 100% separado del sistema HVAC principal para mejorar la ventilación y la calidad del aire interior mientras controla la humedad de forma independiente. Las bombas de calor geotérmicas requieren un suelo estable apropiado, una superficie de tierra suficiente, especialmente para campos de circuito horizontal, densidades urbanas menores o áreas rurales.

¹³⁴Pollin, R., Wicks-Lim, J., Chakraborty, S. y Semieniuk, G, 2020, *Impactos de los programas de transición energética Reimagine Appalachia y Celan para Ohio* , Amherst, MA: Universidad de Massachusetts-Amherst, <https://reimagineappalachia.org/wp-content/uploads/2020/10/Pollin-et-al-OHIO-Reimagine-Appalachia-and-Clean-Energy-Programs-10-19-20.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹³⁵Travelers Insurance Risk Control, "Escasez de mano de obra calificada en la construcción", <https://www.travelers.com/resources/business-industries/construction/skilled-labor-shortages> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹³⁶ Consejo Internacional de Códigos, 1 de febrero de 2025, *Elevando el perfil, llenando los vacíos: Informe de una reunión municipal sobre el futuro de los funcionarios encargados del código* , <https://nibs.org/raising-the-profile-filling-the-gaps-report-from-a-town-hall-meeting-on-the-future-of-code-officials-2/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹³⁷La EPA de Estados Unidos define a los grandes emisores como aquellas instalaciones individuales que emiten 25.000 toneladas métricas de CO₂e o más por año. Estas instalaciones deben informar sus emisiones anuales al Programa de Informes de Gases de Efecto Invernadero de la EPA, y esos datos se pueden ver utilizando la

herramienta en línea FLIGHT de la EPA de EE. UU.

¹³⁸NAICS

¹³⁹La fabricación de productos de cal de Carmeuse Lime en Grand River, Ohio, se clasifica como fabricación de cemento, hormigón y asfalto, aunque sus productos de cal se utilizan en una amplia gama de aplicaciones. Carmeuse Lime, “Productos de cal”, <https://www.carmeuse.com/na-en/products/lime-products> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴⁰Departamento de Energía de EE. UU., “Validación de campo del tratamiento de electrocoagulación para aguas residuales aceitosas en la planta siderúrgica Cleveland-Cliffs en Cleveland, Ohio: Informe tecnológico de funcionamiento y rendimiento”, *Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable* , septiembre de 2024. <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/attachments/iedo-itv-cleveland-cliffs-steel.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴¹*Informe de sostenibilidad de Cleveland-Cliffs, Inc., 2024, 2023* , Cleveland: Cleveland-Cliffs, Inc., https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/2606ef517f5fe15fcc53e6476c5ac8df/clevelandcliffs/db/1188/11744/file/CLF_SustainabilityReport_Spreads_042023.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴²Lubrizol, “Informe de Sostenibilidad de Innovación para el Impacto 2023”. <https://www.lubrizol.com/-/media/Lubrizol/Our-Company/Documents/2023-Sustainability-Report.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴³Cleveland Clinic, “Cómo Cleveland Clinic está haciendo más ecológicos sus quirófanos”, 28 de agosto de 2023. <https://consultqd.clevelandclinic.org/how-cleveland-clinic-is-greening-its-operating-rooms> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴⁴Departamento de Energía de EE. UU., 2022, <https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-09/Industrial%20Decarbonization%20Roadmap.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴⁵ Para obtener información más detallada sobre cómo se pueden implementar estas medidas en industrias específicas, así como una evaluación de las reducciones de emisiones resultantes, consulte la tabla de reducciones de emisiones al final de cada capítulo de subsector en el Apéndice A.

¹⁴⁶Departamento de Energía de EE. UU., “Centros de evaluación industrial”, <https://iac.university/> . ENERGY STAR, “Gestión de la energía industrial”, https://www.energystar.gov/industrial_plants , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴⁷ ABB, 2023, *Oportunidades de eficiencia energética en la fabricación de productos químicos* , https://library.e.abb.com/public/27d8a198b3154b2abe366a14ad1f5009/ABB_WhitePaper_Chemical%20manufacturing_20230911.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴⁸Oficina de Tecnologías Industriales del Departamento de Energía de EE. UU., “¿Qué es el Programa de Mejores Plantas?” <https://www.energy.gov/eere/iedo/better-plants> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁴⁹ Segun-Falade, OD, Osundare, OS, Kedi, WE, Okeleke, PA, Ijomah, TI y Abdul-Azeez, OY, 2024. Desarrollo de soluciones de software innovadoras para sistemas efectivos de gestión energética en la industria. *Revista de Ciencia y Tecnología de Ingeniería* , 5 (8), pp.2649-2669.

¹⁵⁰ABB, *Oportunidades de eficiencia energética* .

¹⁵¹Ibídem.

¹⁵² Can, A., Thiele, G., Krüger, J., Fisch, J. y Klemm, C., 2019. Un enfoque práctico para reducir el consumo de energía en un entorno de producción en serie apagando los subsistemas de una máquina herramienta. *Fabricación Procedia* , 33 , págs.343-350.

¹⁵³ Murphy, John y Neil Maldeis, 2009. Utilizando la programación horaria para ahorrar energía. *Revista ASHRAE*, 51(5), p.42.

¹⁵⁴ABB, *Oportunidades de eficiencia energética* .

¹⁵⁵Oficina de Tecnologías Industriales del Departamento de Energía de EE. UU., “Fundamentos de la recuperación de calor residual”, <https://www.energy.gov/eere/iedo/waste-heat-recovery-basics> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁵⁶ABB, *Oportunidades de eficiencia energética* .

¹⁵⁷ Hajlasz, Marcin, Stefan Helmcke, Friederike Liebach, Thorsten Schleyer y Ken Somers, 2023, “No desperdices: “Desbloquear el potencial de la recuperación de calor residual”, McKinsey Sustainability, <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/waste-not-unlocking-the-potential-of-waste-heat-recovery#/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁵⁸ 1st Choice Pro Services, “Beneficios del aislamiento de tuberías: “Una guía para la eficiencia y el ahorro energético” . <https://1stchoiceplumbingheatingandairconditioning.com/pipe-insulation-benefits-a-guide-to-energy-efficiency-and-savings/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁵⁹ Lesser, Rich, 21 de enero de 2021, “Las cadenas de suministro pueden cambiar las reglas del juego en materia climática. He aquí por qué”, Foro Económico Mundial, <https://www.weforum.org/stories/2021/01/tackling-supply-chain-emissions-is-a-game-changer-for-climate-action/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁶⁰ Nickel, Lena, 11 de marzo de 2025, “De la cuna a la cuna en ACV: “¿Qué es y cómo funciona?” Ecochain, <https://ecochain.com/blog/cradle-to-cradle-in-lca/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁶¹ Oloruntobi, O., Mokhtar, K., Rozar, NM, Gohari, A., Asif, S. y Chuah, LF, 2023. Tecnologías y prácticas efectivas para reducir la contaminación en los almacenes: una revisión. *Ingeniería y tecnología más limpia* , 13 , p.100622.

¹⁶² Oficina de Eficiencia Energética y Energías Renovables del Departamento de Energía de EE. UU., Oficina de Eficiencia Industrial y Descarbonización, 2024, *Validación de campo del tratamiento de electrocoagulación para aguas residuales aceitosas en la acería Cleveland-Cliffs en Cleveland, Ohio* , Washington, D.C.: Departamento de Energía de EE. UU., <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/attachments/iedo-itv-cleveland-cliffs-steel.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁶³ Bell, Kimberly L., 2021, *Detención de emisiones fugitivas: Aplicación de tecnologías innovadoras para capturar el gas metano que escapa* , Houston: Global Energy Capital, <https://www.geclp.com/wp-content/uploads/2021/04/GEC-Capturing-Fugitive-Emissions-2021.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁶⁴ Uekert, T., Singh, A., DesVeaux, JS, Ghosh, T., Bhatt, A., Yadav, G., Afzal, S., Walzberg, J., Knauer, KM, Nicholson, SR y Beckham, GT, 2023. Comparación técnica, económica y ambiental de tecnologías de reciclaje de circuito cerrado para plásticos comunes. *ACS Química e ingeniería sostenibles* , 11 (3), pp.965-978.

¹⁶⁵ Oca, Alberto, Rohit Panikkar, Chetan Sampat y Thorne Brown, 15 de noviembre de 2025, “Aprovechando el poder de la IA en las operaciones de distribución”, McKinsey & Company,

<https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/distribution-blog/harnessing-the-power-of-ai-in-distribution-operations> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁶⁶ Revistas Marítimas, 2024, *Descarbonización a través de la automatización: Desbloqueo de la reducción de emisiones y la eficiencia operativa en la transición energética* , <https://www.maritimemagazines.com/offshore-engineer/202411/decarbonisation-through-automation/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁶⁷ Guzmán, J.S., Fuenmayor-González, D., Turrel, B. y Dauce, L., 2023, octubre. Aprovechar datos operativos en tiempo real para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En *la Exposición y Conferencia Internacional del Petróleo de Abu Dhabi* (p. D021S062R002). SPE.

¹⁶⁸ Spirax Sarco, 13 de febrero de 2025, “El futuro del vapor en un futuro con cero emisiones netas”, <https://www.spiraxsarco.com/global/en-GB/news/the-role-of-steam-in-a-net-zero-future> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁶⁹ Crawford, Mark, 25 de octubre de 2022, “7 beneficios del aligeramiento”, Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos, <https://www.asme.org/topics-resources/content/7-benefits-of-lightweighting> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁷⁰ Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable del Departamento de Energía de EE. UU., 16 de octubre de 2017, “¿Qué es la fabricación aditiva?” Departamento de Energía de EE. UU., <https://www.energy.gov/eere/articles/what-additive-manufacturing> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁷¹ Base de datos del Centro de Evaluación Industrial. Documento EEATI&SI

¹⁷² El desflurano tiene un potencial de calentamiento global de 2540. Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos, “El impacto ambiental de los anestésicos inhalados”, <https://www.asahq.org/about-asa/governance-and-committees/asa-committees/environmental-sustainability/greening-the-operating-room/inhaled-anesthetics> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁷³ Ibídem.

¹⁷⁴ Fischetti, Mark, Nick Bockelman y Wil V. Srubar, 1 de febrero de 2023, “Resolviendo el enorme problema del carbono del cemento”, *Scientific American* , <https://www.scientificamerican.com/article/solving-cements-massive-carbon-problem/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁷⁵ Oficina de Tecnologías Industriales del Departamento de Energía de EE. UU., “¿Qué son los procesos electrificados para la industria sin carbono?” Departamento de Energía de EE. UU., <https://www.energy.gov/eere/iedo/electrified-processes-industry-without-carbon> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁷⁶ Mallapragada, DS, Dvorkin, Y., Modestino, MA, Esposito, DV, Smith, WA, Hodge, BM, Harold, MP, Donnelly, VM, Nuz, A., Bloomquist, C. y Baker, K., 2023. Descarbonización de la industria química mediante la electrificación: Barreras y oportunidades. *Joule*, 7(1), pp.23-41.

¹⁷⁷ Fraunhofer ISI, 2024, *Electrificación directa del calor de procesos industriales. Una evaluación de las tecnologías,*

Potenciales y perspectivas futuras de la UE , Berlín: Agora Industry, https://www.agora-industry.org/fileadmin/Projects/2023/2023-20_IND_Electrification_Industrial_Heat/A-IND_329_04_Electrification_Industrial_Heat_WEB.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁷⁸ Cleveland-Cliffs, 2025, “Producción de HBI de alta calidad en Toledo”, <https://www.clevelandcliffs.com/sustainability/environment/producing-high-quality-hbi-in-toledo> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁷⁹ Ibídem.

¹⁸⁰ Hybrit, <https://www.hybritdevelopment.se/en/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁸¹ Cliffs recibió una subvención del DOE de 575 millones de dólares para invertir en esta tecnología en sus instalaciones de Middletown, pero desde entonces ha cancelado este proyecto, debido en parte al costo y la disponibilidad de H₂ verde. Para obtener más información, lea “Cleveland-Cliffs se aleja de la conversión de hidrógeno de Middletown Works”, *Crain's Business Cleveland* , 6 de junio de 2025, <https://www.crainsicleveland.com/manufacturing/cleveland-cliffs-wont-move-forward-middletown-hydrogen-project> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁸² Industrious Labs, 2025, *Cleveland necesita acero limpio: Lograr una Cleveland saludable y alineada con el clima*, Washington, DC: Industrious Labs,

<https://cdn.sanity.io/files/xdjws328/production/a79fd89e6f1525dea15b67d8a3e319e3312ec.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁸³ Cleveland-Cliffs, 26 de enero de 2024, “Cleveland-Cliffs completa con éxito la prueba de inyección de hidrógeno en el alto horno n.º 7 de Indiana Harbor”, <https://www.clevelandcliffs.com/news/news-releases/detail/620/cleveland-cliffs-completes-successful-blast-furnace> , consultado el 5 de septiembre de 2025

¹⁸⁴ Shingler, Dan, 13 de febrero de 2024, “Con el nuevo centro, la apuesta por el hidrógeno de Cleveland-Cliffs está dando sus frutos”, *Crain's Cleveland Business*, <https://www.crainsicleveland.com/manufacturing/cleveland-cliffs-looks-hydrogen-further-reduce-emissions> , consultado el 1 de septiembre de 2023.

¹⁸⁵ Atwood, Julia, 26 de junio de 2023, “La demanda de acero verde está aumentando más rápido de lo que la producción puede aumentar”, BloombergNEF, <https://about.bnef.com/insights/finance/green-steel-demand-is-rising-faster-than-production-can-ramp-up/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

- ¹⁸⁶Boston Metal, 1 de noviembre de 2023, “Infografía sobre la revolución de la producción de acero”, <https://www.bostonmetal.com/news/revolutionizing-steel-production/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ¹⁸⁷ ICF, 2024, *Impacto de la compresión de la transmisión de gas natural electrificado* , Reston, VA: ICF, <https://ingaa.org/wp-content/uploads/2024/01/Impact-of-Electrifying-Natural-Gas-Compression.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ¹⁸⁸Fives, “Hy-Ductflam Hydrogen Duct Burner”, <https://www.fivesgroup.com/energy-combustion/burners-systems/hy-ductflam> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ¹⁸⁹Oficina de Tecnologías Industriales del Departamento de Energía de EE. UU., “¿Qué son las materias primas bajas en carbono y por qué son importantes?” Departamento de Energía de EE. UU., <https://www.energy.gov/eere/iedo/low-carbon-feedstocks-basics> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ¹⁹⁰Kurrer, Christian, 2020, “El potencial del hidrógeno para descarbonizar la producción de acero”, Servicio de Investigación del Parlamento Europeo, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/641552/EPRS_BRI\(2020\)641552_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/641552/EPRS_BRI(2020)641552_EN.pdf) , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ¹⁹¹Departamento de Energía de EE. UU., *Hoja de ruta para la descarbonización industrial*.
- ¹⁹²Laboratorio Nacional de Tecnología Energética (NETL), “Mapa del Proyecto de Captura de Carbono en Fuentes Puntuales”, NETL, <https://netl.doe.gov/carbon-management/carbon-capture/psc-map> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ¹⁹³Baylin-Stern, Adam y Niels Berghout, “¿Es demasiado cara la captura de carbono?” AIE, <https://www.iea.org/commentaries/is-carbon-capture-too-expensive>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ¹⁹⁴ Kazemian, M. y Shafei, B., 2023. Secuestro y almacenamiento de carbono en el hormigón: Una revisión del estado del arte de las composiciones, métodos y desarrollos. *Revista de Utilización de CO₂* , 70 , p.102443.
- ¹⁹⁵ NETL, 2022, *Costo de captura de CO₂ de fuentes industriales*, NETL, <https://www.osti.gov/biblio/1887586> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ¹⁹⁶ Chen, Y., Wu, R. y Hsu, PC, 2025. Perspectiva sobre la captura directa de aire distribuida: ¿qué, por qué y cómo? *npj Materiales Sustentabilidad* , 3 (1), pp.1-7.
- ¹⁹⁷Webb, David, 9 de agosto de 2023, “Lograr el cero neto: ¿Por qué los costos de la captura directa de aire deben reducirse para su adopción a gran escala?”, Foro Económico Mundial, <https://www.weforum.org/stories/2023/08/how-to-get-direct-air-capture-under-150-per-ton-to-meet-net-zero-goals/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ¹⁹⁸Kotowicz, J., Niesporek, K. y Baszcieńska, O., 2025. Avances y desafíos en las tecnologías de captura directa de aire: Intensidad energética, nuevos métodos, economía y estrategias de localización. *Energías*, 18(3), p.496.
- ¹⁹⁹ Sustainable Brands, 13 de junio de 2025, “P&G se asocia para ampliar la producción de productos químicos con un enfoque circular”, <https://sustainablebrands.com/read/pg-circular-chemical-production> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁰⁰ Barbhuiya, S., Kanavaris, F., Das, BB e Idrees, M., 2024. Descarbonización de la producción de cemento y hormigón: Estrategias, desafíos y caminos para el desarrollo sostenible. *Revista de Ingeniería de la Edificación* , p.108861.
- ²⁰¹Según los escenarios de *alta electrificación* y *de menor electrificación* del Proyecto Net Zero America, la producción de combustibles sintéticos utiliza aproximadamente el 88% y el 85% de las emisiones capturadas, respectivamente, para 2050. Véase E. Larson, et al., 2021, *Net zero America: Posibles vías, infraestructura e impactos, resumen del informe final* , Princeton, NJ: Universidad de Princeton, <https://netzeroamerica.princeton.edu/the-report> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁰² Smith, E., Morris, J., Kheshgi, H., Teletzke, G., Herzog, H. y Paltsev, S., 2021. El coste del transporte y almacenamiento de CO₂ en el modelo de evaluación integrado global. *Revista Internacional de Control de Gases Efecto Invernadero* , 109 , p.103367.
- ²⁰³*Informe de sostenibilidad de Cleveland-Cliffs, Inc., 2022, 2022* , Cleveland: Cleveland-Cliffs, Inc.,

https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/clevelandcliffs/files/pages/clevelandcliffs/db/1149/description/CLF_SustainabilityReport_2023_04032023.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁰⁴Departamento de Energía de EE. UU., 2025, "Instalaciones de cogeneración en Ohio", <https://doe.icfwebservices.com/state/chp/OH> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁰⁵Hay proyectos en todo el mundo, como en Munich, Alemania, y en todo el país, como en el caso de la Universidad Estatal de Ball, donde se están actualizando los sistemas de energía distrital existentes para utilizar calefacción geotérmica. Instituto Leibniz de Geofísica Aplicada (LIAG), 2019, *Transición térmica con energía geotérmica: Oportunidades y oportunidades en Alemania* , Hannover: LIAG, https://www.geotis.de/homepage/sitecontent/info/publication_data/public_relations/public_relations_data/Liag-Brosch-waermewende-eng.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁰⁶Un proyecto costó 83 millones de dólares y ahora calienta 5,5 millones de pies cuadrados de espacio. <https://eri.iu.edu/erit/case-studies/ball-state-university-geothermal.html> ; <https://decarbonization.dartmouth.edu/how-it-works/steam-hot-water-transition> ; <https://www.greeneru.com/articles/converting-buildings-to-accept-high-efficiency-energy-systems>

²⁰⁷Lund, John W., "Calefacción urbana geotérmica", presentación para el Departamento de Energía de EE. UU., https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/07/f24/10-District-Heating---J-Lund_0.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁰⁸Fraunhofer ISI, *Electrificación directa del calor de procesos industriales* .

²⁰⁹Oficina de Tecnologías Geotérmicas del Departamento de Energía de EE. UU., "Calefacción y refrigeración urbana geotérmica", <https://www.energy.gov/eere/geothermal/geothermal-district-heating-cooling> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²¹⁰Doce, "Fotosíntesis industrial: Fabricación de productos químicos y combustibles a partir de CO2", <https://www.twelve.co/post/how-the-opus-system-by-twelve-turns-co2-into-products> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²¹¹Arman, Shehabi et al., 2024, *Informe de consumo de energía de centros de datos de Estados Unidos de 2024* , Berkeley, CA: Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, <https://eta.lbl.gov/publications/2024-lbnl-data-center-energy-usage-report> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²¹²Li, Ting, et al, 2024, *Impulsar el auge de los centros de datos con soluciones bajas en carbono: Perspectiva de China y perspectivas globales* , Boulder, Colorado: RMI, <https://rmi.org/insight/powering-the-data-center-boom-with-low-carbon-solutions/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²¹³Yuan, X., Liang, Y., Hu, X., Xu, Y., Chen, Y. y Kosonen, R., 2023. Recuperación de calor residual en centros de datos: Una reseña. *Reseñas de energías renovables y sostenibles* , 188 , pág.113777.

²¹⁴EPA de EE. UU., "Plataforma de modelado de emisiones (EMP) 2022v1", Washington, D.C.: EPA de EE. UU., <https://awsedap.epa.gov/public/single/?appid=a2771e5d-51cf-4af8-a237-b521f789b8eb&sheet=5d3fdda7-14bc-4284-a9bb-cfd856b9348d&opt=ctxmenu,currsel> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²¹⁵IAC Acoustics, "Ejemplos comparativos de niveles de ruido", <https://www.iacacoustics.com/blog-full/comparative-examples-of-noise-levels> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²¹⁶Volvo Construction Equipment, 14 de octubre de 2024, "¿Qué tan silenciosas son las máquinas de construcción eléctricas?"

<https://www.volvoce.com/europe/en/about-us/news/2024/how-quiet-are-electric-construction-machines/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²¹⁷Departamento de Energía de EE. UU., *Validación de campo del tratamiento de electrocoagulación para aguas residuales aceitosas en Cleveland-Cliffs* .

²¹⁸Cleveland-Cliffs, Inc., *Informe de sostenibilidad 2024, 2023* .

²¹⁹Departamento de Transporte de EE. UU., 2024, *Informe del Departamento de Transporte al Congreso: Descarbonización del transporte estadounidense* , Washington, DC: Departamento de Transporte de EE. UU., <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/2024->

[07/DOT%20Report%20to%20Congress%20Decarbonizing%20US%20Transportation%20072924%20final.pdf](https://www.transportation.gov/sites/dotgov/files/2024-07/07/DOT%20Report%20to%20Congress%20Decarbonizing%20US%20Transportation%20072924%20final.pdf) , consultado el 5 de septiembre de 2025

²²⁰La economía colaborativa se refiere a una forma de compartir recursos y servicios entre personas. Los ejemplos incluyen plataformas de viajes compartidos como Uber.

²²¹NOACA, *weNEO2050+* , 109.

²²²NOACA, 2019, “Accesibilidad y movilidad de la fuerza laboral” , <https://www.noaca.org/tools-resources/recent-studies/workforce-accessibility-and-mobility> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²²³Existe un patrón de crecimiento y disminución de la población dentro de cada condado del MSA. Consulte el Mapa 1: Cambio porcentual de población por área censal en *el Informe de análisis técnico del censo 2020* de NOACA, <https://www.noaca.org/tools-resources/recent-studies/census-2020-technical-analysis-report> .

²²⁴Laketran, 14 de octubre de 2021, “Laketran despliega la flota de autobuses eléctricos a batería más grande de Ohio con una demostración de carga en la inauguración del Centro de Tránsito de Wickliffe con el invitado de honor, el senador estadounidense Sherrod Brown” .

<https://laketran.com/laketran-deploys-ohios-largest-battery-operated-electric-bus-fleet-with-a-charging-demonstration-at-the-dedication-of-the-wickliffe-transit-center-with-honored-guest-us-senator-sherrod-brown/>

, consultado el 5 de septiembre de 2025

²²⁵GCRTA, 11 de julio de 2024, “FTA otorga una subvención de \$10.6 millones a GCRTA para autobuses y cargadores eléctricos” ,

<https://www.riderta.com/news/fta-awards-106-million-grant-gcrt-electric-buses-and-chargers> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²²⁶ Mirman, Cole, 6 de septiembre de 2024, “La ciudad de Oberlin lanza un servicio gratuito de autobuses eléctricos” , *The Oberlin Review* , <https://oberlinreview.org/33102/news/city-of-oberlin-launches-free-electric-bus-service/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²²⁷Asociación de Oficiales de Control de la Contaminación del Aire de California (CAPCOA), 2021, *Manual para analizar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, evaluar las vulnerabilidades climáticas y promover la salud y la equidad* , Sacramento: CAPCOA,

https://www.airquality.org/ClimateChange/Documents/Handbook%20Public%20Draft_2021-Aug.pdf ,

consultado el 5 de septiembre de 2025

²²⁸El término todoterreno incluye equipos utilizados en la construcción, la agricultura, la silvicultura, la industria y la recreación. Estos vehículos incluyen tractores, cosechadoras, cargadoras de ruedas, excavadoras, carretillas elevadoras, segadoras y vehículos todo terreno. Consulte <https://www.epa.gov/system/files/documents/2025-01/off-road-action-plan.pdf> .

²²⁹ Iacurci, Greg, 20 de agosto de 2024, “Cómo se comparan los vehículos eléctricos y los autos de gasolina en términos de costo total: el lugar donde vives puede marcar una gran diferencia” , *CNBC.com* ,

<https://www.cnb.com/2024/08/20/how-evs-and-gasoline-cars-compare-on-total-cost.html> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²³⁰Coalición para la Electrificación, 2024, “Panel de control para la electrificación rápida de vehículos: Herramienta DRVE” ,

<https://electrificationcoalition.org/resource/drve/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²³¹Forth Mobility, 2024, *Mejores prácticas para programas de difusión de vehículos eléctricos* , Portland, OR: Forth Mobility, <https://forthmobility.org/storage/app/media/Reports/2024-Best-Practice-Papers/Best-Practices-EV-Outreach-Programs-2024.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²³²Sourcewell, “¿Qué es impulsar flotas de vehículos eléctricos?” , Staples, MN: Sourcewell, <https://driveevfleets.org/what-is-drive-ev-fleets/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²³³Coalición para la Electrificación, 2024, “Coalición para la Electrificación y Sourcewell relanzan DriveEVFleets.org, un portal colaborativo de compra de vehículos eléctricos para flotas públicas” ,

<https://electrificationcoalition.org/electrification-coalition-and-sourcewell-relaunch-driveevfleets-org-a-collaborative-ev-purchasing-portal-for-public-fleets/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²³⁴ Veysey, Drew y Hannah Thonet, 2025, “Costo total de propiedad de vehículos eléctricos de flota con y sin créditos fiscales federales”, *RMI* , <https://rmi.org/fleet-electric-vehicle-total-cost-of-ownership-with-and-without-federal-tax-credits/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²³⁵ Woody, M., Adderly, SA, Bohra, R. y Keoleian, GA, 2024. Costo total de propiedad de vehículos eléctricos y de gasolina en ciudades de EE. UU. *Revista de Ecología Industrial* , 28 (2), pp.194-215.

²³⁶ Id.

²³⁷ Drive Ohio, 2025, “Panel de registro de vehículos de combustible alternativo de Ohio”, <https://drive.ohio.gov/about-driveohio/policy/ohio-alt-fuel-vehicle-reg-dashboard> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²³⁸ NOACA, *Área Metropolitana de Cleveland-Elyria PCAP* .

²³⁹ $CAGR = [(1.950.000 \times 99\%) \div 16.000]^{(1 \div 25)} - 1 \approx 21\%$

²⁴⁰ Chakraborty, Debapriya et al, 2021, 21AQPO02, *Medición de las emisiones y los beneficios socioeconómicos de los incentivos y programas regulatorios de CARB*, Davis, CA: Universidad de California en Davis Instituto de Estudios de Transporte, Centro de Investigación de Vehículos Eléctricos, https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2024-02/CSA_Contract_LDV_Quantification_Method_Dec%2022_header_0%20-%20Copy.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁴¹ Muehlegger, E. y Rapson, DS, 2022. Subvencionar la adopción de vehículos eléctricos por parte de ingresos bajos y medios: Evidencia cuasi-experimental de California. *Revista de Economía Pública* , 216 , p.104752.

²⁴² Threewitt, Cherise, 10 de septiembre de 2024, “Los mejores autos eléctricos usados y baratos en 2024”, *Cars.com*, <https://cars.usnews.com/cars-trucks/advice/best-cheap-used-electric-cars> . Car and Driver, 2024, “Vehículos eléctricos más económicos”, <https://www.caranddriver.com/rankings/best-electric-cars/cheapest> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁴³ AAA, “Precios del combustible”, <https://gasprices.aaa.com/ev-charging-prices/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁴⁴ Departamento de Energía de EE. UU. AFDC, “EVI-X: Caja de herramientas de infraestructura para vehículos eléctricos, Departamento de Energía de EE. UU., https://afdc.energy.gov/evi-x-toolbox#/evi-ports?region_type=cbsa&charging-state=OH , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁴⁵ NREL, “EVI-FAST: Infraestructura de vehículos eléctricos: herramienta de análisis de escenarios financieros”, NREL, <https://www.nrel.gov/transportation/evi-fast> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁴⁶ Leishman, J. Gordon, 2022, “Cap. 66 Aeronaves de propulsión eléctrica”, en *Introducción a los vehículos de vuelo aeroespacial* , Daytona Beach, FL: Universidad Aeronáutica Embry-Riddle, <https://eaglepubs.erau.edu/introductiontoaerospaceflightvehicles/chapter/electric-aircraft/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁴⁷ (NASA/Boeing Transonic Truss-Braced Wings)

²⁴⁸ Proyecto de fabricación de aeronaves de materiales compuestos de alta velocidad (HiCAM)

²⁴⁹ Demostración de vuelo del tren motriz electrificado (EPFD)

²⁵⁰ Administración Federal de Aviación (FAA), “Herramienta de diseño ambiental de aviación”, <https://aedt.faa.gov/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁵¹ Centro de Datos de Combustibles Alternativos (AFDC) del Departamento de Energía de EE. UU., “Combustible de aviación sostenible”, <https://afdc.energy.gov/fuels/sustainable-aviation-fuel> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁵² Miller, Jacob, 8 de junio de 2024, “Combustible de aviación sostenible: Descarbonización Aviación estadounidense a través de la agricultura”, Presentación ante la reunión del Grupo de trabajo agrícola del Consejo Nacional de Legisladores Estatales, <https://docs.nrel.gov/docs/fy24osti/90186.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁵³ Airbus, 20 de marzo de 2025, “Airbus Canadá implementa combustible de aviación sostenible, liberando el

100 % de su capacidad en todos sus centros de entrega a nivel mundial”

<https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2025-03-airbus-canada-rolls-out-sustainable-aviation-fuel-unlocking-100-saf.US> EPA, 2024, *Plan de Acción Climática para la Aviación de los Estados Unidos*, Washington, DC: EPA de EE. UU., <https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-12/us-aviation-state-action-plan-2024-final.pdf>, consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁵⁴Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), “Plan de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional (CORSIA)”, <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx>, consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁵⁵ Ducruet, César y Gaëlle Gueguen Hallouët, 27 de septiembre de 2022, “Cómo descarbonizar los puertos comerciales”, *Polytechnique Insights*, <https://www.polytechnique-insights.com/en/columns/energy/how-to-decarbonise-commercial-ports>, consultado el 5 de septiembre de 2025.

²⁵⁶Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable del Departamento de Energía de EE. UU., “Descarbonización marítima”, <https://www.energy.gov/eere/maritime-decarbonization>, consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁵⁷ ODOT y CSPS, 2024, *Documento de trabajo 6 del Plan Marítimo de Ohio: Marco ambiental*, Columbus: Departamento de Transporte de Ohio, <https://dam.assets.ohio.gov/image/upload/transportation.ohio.gov/statewide-planning/maritime/WorkingPaper6EnvironmentalFramework.pdf>. Autoridad Portuaria del Condado de Cleveland-Cuyahoga, 9 de mayo de 2024, “Actas de la Junta Directiva”, <https://www.portofcleveland.com/wp-content/uploads/2024/07/Minutes-05.09.2024-w-Exhibits.pdf>, Puerto de Cleveland, 29 de octubre de 2024, “El puerto de Cleveland obtiene una subvención récord de la EPA de 95 millones de dólares para convertirse en uno de los puertos más sostenibles de los Grandes Lagos”. <https://www.portofcleveland.com/port-of-cleveland-secures-record-95-million-epa-grant-to-become-one-of-the-most-sustainable-ports-on-the-great-lakes/>, consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁵⁸ Kowalski, Kathiann, 10 de mayo de 2024, “Se espera que el ‘centro de electrificación’ del puerto de Cleveland impulse el progreso hacia cero emisiones netas”, *Canary Media*, <https://www.canarymedia.com/articles/enn/cleveland-ports-electrification-hub-expected-to-anchor-progress-toward-net-zero-emissions>, consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁵⁹Departamento de Energía de EE. UU., 2024, *Plan de acción para la innovación en energía y emisiones marítimas*, Washington, DC: Departamento de Energía de EE. UU., https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-12/doe-eere-modal-reports_maritime-energy-emissions-innovation-action-plan.pdf, consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁶⁰Ibidem.

²⁶¹ Rogosic, M., Stanivuk, T. y Lucaci, D., 2025. Un estudio sobre la aplicación de la energía en tierra como método para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de los cruceros. *Revista de ciencias e ingeniería marina*, 13 (3), p.453. ODOT y CSPS, *Documento de trabajo del Plan Marítimo de Ohio 6*.

²⁶²Fundación Nacional de Vías Navegables, 2022, *Una comparación modal de los efectos del transporte de carga nacional en el público general: 2001-2019*, <https://www.nationalwaterwaysfoundation.org/file/28/tti%202022%20final%20report%202001-2019%201.pdf>, consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁶³ Styhre, L., Winnes, H., Black, J., Lee, J. y Le-Griffin, H., 2017. Emisiones de gases de efecto invernadero de los buques en los puertos: estudios de caso en cuatro continentes. *Investigación sobre transporte Parte D: Transporte y Medio Ambiente*, 54, pp.212-224.

²⁶⁴ EPA de EE. UU., 2021, *Estrategias operativas portuarias: Reducción de la velocidad de las embarcaciones*, Washington, DC: EPA de EE. UU., <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P10119QQ.pdf#page=3>, consultado el 5 de septiembre de 2025 ODOT y CSPS, *Documento de trabajo del plan marítimo de Ohio 6*.

²⁶⁵Departamento de Energía de EE. UU., *Un plan de acción para la energía marítima*.

²⁶⁶Ibidem.

- ²⁶⁷Instituto de Recursos Hídricos del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. (USACE), “Centro de Estadísticas de Comercio Marítimo”, <http://cwbi-ndc-nav.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/files/wcsc/webpub/#/report-landing/year/2020/region/3/location/3217>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁶⁸ Administración Marítima de los Estados Unidos (MARAD) 2023, *Estudio de viabilidad de futuras opciones energéticas para el transporte marítimo en los Grandes Lagos*, Washington, D.C.: Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT), https://theicct.org/wp-content/uploads/2024/03/ID-98-%E2%80%93MARAD-report_final2.pdf, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁶⁹Ibídem.
- ²⁷⁰Administración Federal de Ferrocarriles (FRA), 2025, *Marco de riesgo de costos y beneficios para los ferrocarriles modernos Opciones de electrificación*, Washington, DC: Departamento de Transporte de EE. UU., <https://railroads.fra.dot.gov/sites/fra.dot.gov/files/2025-01/CB%20Framework%20Rail%20Electrification%20Options.pdf>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁷¹ Hernandez, Adrian, Max Ng y Choudhury Siddique, 2024, *Reducción del CO2: Modelos para optimizar la infraestructura ferroviaria, los vehículos y el almacenamiento de energía (LOCOMOTORAS)*, Evanston, IL: Universidad Northwestern, https://transportation.northwestern.edu/docs/2024/arpa-e-final-technical-report-2024_public_v4.pdf, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁷²FRA, *Marco de Riesgo Costo-Beneficio*.
- ²⁷³ Junta de Recursos del Aire de California (CARB), 2024, *Análisis de viabilidad: Tren de cero emisiones desde El puerto de Los Ángeles a Barstow*, Sacramento: CARB, https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2024-05/Feasibility%20Analysis%20Zero%20Emission%20Train%20from%20the%20Port%20of%20Los%20Angeles%20to%20Barstow_0.pdf, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁷⁴Railtech, 11 de marzo de 2022, “El estado alemán de Baden-Württemberg considera que la batería es la mejor solución para los trenes alternativos diésel”, *Railtech.com* <https://www.railtech.com/rolling-stock/2022/11/03/german-state-baden-wuerttemberg-finds-battery-to-be-best-solution-for-diesel-alternative-trains/>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁷⁵Departamento de Energía de EE. UU., 2024, *Plan de acción para la innovación en energía y emisiones ferroviarias*, Washington, DC: Departamento de Energía de EE. UU., https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-12/doe-eere-modal-reports_rail-energy-emissions-action-plan.pdf, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁷⁶EPA de EE. UU., “Mejores prácticas en instalaciones ferroviarias para mejorar la calidad del aire” <https://www.epa.gov/ports-initiative/rail-facility-best-practices-improve-air-quality>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁷⁷EPA de EE. UU., datos NEI de 2020.
- ²⁷⁸ Ing, Eur y John Pooley, abril de 2022, “Variable Speed Drives”, *Energy in Buildings & Industry*, 19(09), p.17, <https://www.energyinst.org/?a=1406830>, consultado el 5 de septiembre de 2025 Antila, M., Galimova, T., Breyer, C., Norouzi, S., Repo, S., Pihlatie, M., Pettinen, R. y Shah, S., 2025. Tecnología energética futura para máquinas móviles no de carretera. *Investigación avanzada en energía y sostenibilidad*, p.2400257.
- ²⁷⁹Departamento de Energía de EE. UU., AFDC, “Beneficios y consideraciones de los vehículos eléctricos”, <https://afdc.energy.gov/fuels/electricity-benefits>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁸⁰Lund, Jessie, Justin Slosky, Jason Whitson y Ross McLane, 2022, *Evaluación de tecnología y mercado de equipos todoterreno de cero emisiones*, Pasadena, CA: CALSTART, https://calstart.org/wp-content/uploads/2022/10/off_road_report_october_2022.pdf, accessed September 5, 2025
- ²⁸¹FAA, “Programa Voluntario de Bajas Emisiones en Aeropuertos (VALE)”, <https://www.faa.gov/airports/environmental/vale>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ²⁸²Igogo, Tsisilile, Travis Lowder, Jill Engel-Cox, Alexandra Newman y Kwame Awuah-Offei, 2020, *Integración de*

energía limpia en las operaciones mineras: oportunidades, desafíos y enfoques facilitadores , Washington, DC: NREL, <https://research-hub.nrel.gov/en/publications/integrating-clean-energy-in-mining-operations-opportunities-chall> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁸³ Ahluwalia, RK, Wang, X., Star, AG y Papadias, DD, 2022. Rendimiento y costo de las celdas de combustible para vehículos pesados todoterreno. *Revista internacional de energía del hidrógeno* , 47 (20), pp.10990-11006.

²⁸⁴Lund et al, *Evaluación de tecnología y mercado* .

²⁸⁵Dill, Jennifer; Goddard, Tara; Monsere, Christopher; y McNeil, Nathan, 2014, "¿Pueden los carriles bici protegidos ayudar a cerrar la brecha de género en el ciclismo? Lecciones de cinco ciudades", *Publicaciones y presentaciones de la facultad de estudios urbanos y planificación* , 123, <http://archives.pdx.edu/ds/psu/16603> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁸⁶ NOACA, 2022, *ACTIVAR: Directrices técnicas para la planificación del transporte no motorizado* , Cleveland: NOACA, págs. 34-41, <https://www.noaca.org/home/showpublisheddocument/28272/637931330003330000> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁸⁷CCPC, 2019, *Vías verdes de Cuyahoga* , Cleveland: CCPC, https://s3.countyplanning.us/wp-content/uploads/2020/09/CGW_Report_2020-0107_sm.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025 NEOSCC, *Vibrant NEO 2040* , <https://vibrantneo.org/vibrantneo-2040/vneo-2040-full-report/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁸⁸Parvez, MS y Moridpour, S., 2025. Aplicación de tecnologías inteligentes en la seguridad de los usuarios vulnerables de la vía: Una reseña. *Revista internacional de ciencia y tecnología del transporte* , 18 , pp.285-304.

²⁸⁹AECOM, 2021, *Plan Estratégico de Tránsito Regional de NOACA* , Cleveland: NOACA, <https://www.noaca.org/home/showpublisheddocument/26423/637550373807200000> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹⁰ NOACA, 2019, *SAVE: Plan de NOACA para la seguridad del transporte*, Cleveland: NOACA< <https://www.noaca.org/home/showpublisheddocument/23712/636928352508970000> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹¹ Departamento de Transporte de Ohio, 2023, *Evaluación de usuarios vulnerables de las carreteras de Ohio*, <https://www.transportation.ohio.gov/working/publications/vulnerable-road-user-assessment> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹²Moss, M. 2025, "15 Minute City Index", Portal de datos abiertos de la ciudad de Cleveland, <https://data.clevelandohio.gov/datasets/ClevelandGIS::15-minute-city-index/about> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹³Tsipursky, G., 26 de agosto de 2025, "Es oficial: "El trabajo remoto en Estados Unidos se ha convertido en algo habitual", *The Hill* , <https://thehill.com/opinion/technology/5468875-work-from-home-trends/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹⁴CCPC, 2025, *Tendencias de desarrollo en corredores TOD* , Cleveland: CCPC, https://s3.countyplanning.us/wp-content/uploads/2025/04/2025_TOD_DevelopmentSummary.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹⁵CCPC, "Estudio de zonificación de desarrollo orientado al tránsito (DOT)", <https://www.countyplanning.us/projects/tod-zoning-study/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹⁶CCPC, 2024, *Guía anotada de superposición de zonificación del modelo TOD* , Cleveland: CCPC, https://s3.countyplanning.us/wp-content/uploads/2024/06/TOD_Annotated-Model-Code_4-30-24.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹⁷Greater Circle Living, "Programas", <https://greatercircleliving.org/programs/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹⁸Condado de Cuyahoga, 2025, "Programa de Préstamos para el Desarrollo Orientado al Tránsito", <https://cuyahogacounty.gov/development/TODprogram> , consultado el 5 de septiembre de 2025

²⁹⁹El informe "Mejores prácticas para la zonificación TOD" del CCPC podría proporcionar una base para este trabajo: https://s3.countyplanning.us/wp-content/uploads/2023/10/TOD_Best-Practices_10-26-23.pdf

, consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰⁰Patrulla Estatal de Carreteras de Ohio, 2025, “Estadísticas estatales y del condado”, <https://statepatrol.ohio.gov/dashboards-statistics/statistics/statewide-and-county-statistics/statewide-and-county-statistics> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰¹FHWA, 2024, *Programa de Mejora de la Seguridad Vial de Ohio – Informe Anual 2023* , [https://highways.dot.gov/sites/fhwa.dot.gov/files/2024-04/HISP\(Ohio\)%202023%20Report.pdf](https://highways.dot.gov/sites/fhwa.dot.gov/files/2024-04/HISP(Ohio)%202023%20Report.pdf) , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰²Organización Mundial de la Salud (OMS), 7 de junio de 2022, “Ir en bicicleta y caminar puede ayudar a reducir la inactividad física y la contaminación del aire, salvar vidas y mitigar el cambio climático”, <https://www.who.int/europe/news/item/07-06-2022-cycling-and-walking-can-help-reduce-physical-inactivity-and-air-pollution--save-lives-and-mitigate-climate-change> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰³Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2025, “LUGARES: Datos locales para una mejor salud, publicación de datos del condado 2024”, Atlanta: CDC, https://data.cdc.gov/500-Cities-Places/PLACES-Local-Data-for-Better-Health-County-Data-20/swc5-untb/about_data , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰⁴Oficina del Censo de Estados Unidos. "Características de los desplazamientos según sexo". *Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense, Tablas de Estimaciones de 1 Año de la ACS, Tabla S0801* , [https://data.census.gov/table/ACSST1Y2022.S0801?q=S0801:+Commuting+Characteristics+by+Sex&g=310XX00US17460\\$0500000&moe=false](https://data.census.gov/table/ACSST1Y2022.S0801?q=S0801:+Commuting+Characteristics+by+Sex&g=310XX00US17460$0500000&moe=false) , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰⁵RMI, 2024, “Calculadora de MODES más inteligente: Opciones de movilidad más inteligentes para la descarbonización, la equidad y la seguridad”, Boulder: RMI <https://rmi.org/insight/smarter-modes-calculator-smarter-mobility-options-for-decarbonization-equity-and-safety/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰⁶Saelens, BE, Vernez Moudon, A., Kang, B., Hurvitz, PM y Zhou, C., 2014. Relación entre mayor actividad física y uso del transporte público. *Revista estadounidense de salud pública* , 104(5), pp.854- 859.

³⁰⁷Agencia Europea de Medio Ambiente, 2020, *Ruido ambiental en Europa — 2020* , Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰⁸ OMS, 2018, *Directrices sobre ruido ambiental para la Región de Europa*, Ginebra, OMS, <https://www.who.int/publications/i/item/9789289053563> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁰⁹ Chiang, PF, Zhang, T., Claire, MJ, Maurice, NJ, Ahmed, J. y Giwa, AS, 2024. Evaluación de estrategias de gestión de residuos sólidos y descarbonización. *Procesos* , 12 (7), p.1473.

Giardino, Alessio, Geoffrey Wilson y Craig Hart, 2023, *Descarbonización del sector del agua: Desafíos y oportunidades durante la transición a cero emisiones netas*, Manila: Banco Asiático de Desarrollo, <https://www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/874256/adotr2023bp-decarbonizing-water-sector.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³¹⁰EPA de EE. UU., 2024, “Diez preguntas que debe hacerse antes de comprar un refrigerante alternativo”. <https://www.epa.gov/snap/ten-questions-ask-you-purchase-alternative-refrigerant> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³¹¹NEORS “VERDE: #neorsdREF será una máquina limpia, verde y de sostenibilidad”, <https://www.neorsd.org/green-neorsdref-will-be-clean-green/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³¹²EDL, “Instalación de gas natural renovable de Lorain”, <https://edlenergy.com/project/lorain/>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³¹³EPA de EE. UU., 2024, “Criterios para la definición de residuos sólidos y exclusiones de residuos sólidos y peligrosos”, <https://www.epa.gov/hw/criteria-definition-solid-waste-and-solid-and-hazardous-waste-exclusions> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³¹⁴Emiratos Árabes Unidos, Tadweer Group y Roland Berger, 2023, *Waste to Zero: Iniciativa global para la descarbonización de residuos* , Abu Dabi, <https://www.globalwastetozero.com/Waste%20to%20Zero%20White%20Paper.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025 <https://www.globalwastetozero.com/Waste to Zero White Paper.pdf>

- ³¹⁵CARB, “Flotas Limpias Avanzadas”, <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-fleets> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³¹⁶EPA de EE. UU., “Vertedero del condado de Lorain I y II, 2024, Programa de informes de gases de efecto invernadero”, <https://ghgdata.epa.gov/ghgp/service/html/2023?id=1007969&et=undefined> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³¹⁷ Fundación de Investigación Aplicada SWANA, 2021, *Evaluación de la electricidad y otros combustibles alternativos para vehículos de recolección de residuos sólidos y reciclaje* , Silver Spring, MD: https://swana.org/docs/default-source/resources-documents/arf-documents/arf_es-evaluation_of_electricity_and_other_alternative_fuels-final.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025
- CARB, “Descripción general: “Escape diésel y salud”, <https://ww2.arb.ca.gov/resources/overview-diesel-exhaust-and-health> . Consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³¹⁸Fundación Ellen MacArthur, 15 de septiembre de 2019, “La economía circular en detalle”, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/the-circular-economy-in-detail-deep-dive> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³¹⁹AIE, 2024, *Reciclaje de minerales críticos* , París: AIE, <https://www.iea.org/reports/recycling-of-critical-minerals> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²⁰K. Spokas, J. Bogner, JP Chanton, M. Morcet, C. Aran, C. Graff, Y. Moreau-Le Golvan, I. Hebe, 2006, “Balance de masa de metano en tres vertederos: ¿Cuál es la eficiencia de la captura mediante sistemas de recolección de gases?”, *Waste Management* , 26(5), págs. 516-525, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.021> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²¹EDL, “Instalación de gas natural renovable de Lorain”, <https://edlenergy.com/project/lorain/>, consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²² EPA de EE. UU., “Calculadora de emisiones de metano de residuos de alimentos en vertederos evitadas”, *Cuantificación de las emisiones de metano de los residuos de alimentos en vertederos* , <https://www.epa.gov/land-research/quantifying-methane-emissions-landfilled-food-waste> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²³Rust Belt Riders, “Acerca de nosotros”, <https://www.rustbeltriders.com/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²⁴Distrito Regional de Alcantarillado del Noreste de Ohio, “Datos rápidos sobre las instalaciones de energía renovable”, <https://www.neorsd.org/green-neorsdref-will-be-clean-green/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²⁵ Departamento de Energía de EE. UU., “Instalaciones de cogeneración en Ohio”, *Bases de datos de instalaciones de cogeneración y microrredes*, <https://doe.icfwebservices.com/state/chp/OH> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²⁶Asociación de Entrega Colaborativa de Agua, “Instalación de Recuperación de Agua Kenneth W. Hotz (OH)”, <https://watercollaboratedelivery.org/project/kenneth-w-hotz-water-reclamation-facility/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²⁷Mojtaba Maktabifard, Hussein E. Al-Hazmi, Paulina Szulc, Mohammad Mousavizadegan, Xianbao Xu, Ewa Zaborowska, Xiang Li, Jacek Mąkinia, 2023, “Condición neta de carbono cero en plantas de tratamiento de aguas residuales: Una revisión sistemática de las estrategias y desafíos de mitigación”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 185, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113638> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²⁸ Li Ke y Yan Lu, 2021, “Estudio sobre la modernización y el diseño de ingeniería de las instalaciones de tratamiento de lixiviados en un vertedero de Pekín”, *Earth and Environmental Science*, 687, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/687/1/012025> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³²⁹Combined Heat and Power Alliance, “Potencial de cogeneración (CHP) en plantas de tratamiento de aguas residuales”, <https://chpalliance.org/wp-content/uploads/2020/02/CHP->

[Factsheet WastewaterTreatment FINAL2.pdf](#), consultado el 5 de septiembre de 2025

³³⁰Mojtaba Maktabifard, Hussein E. Al-Hazmi, Paulina Szulc, Mohammad Mousavizadegan, Xianbao Xu, Ewa Zaborowska, Xiang Li, Jacek Małkinia, 2023, "Condición neta de carbono cero en plantas de tratamiento de aguas residuales: Una revisión sistemática de las estrategias y desafíos de mitigación", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 185, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113638>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³³¹Industrial Furnace Company, "Incineradores de lecho fluidizado 101", <https://www.industrialfurnace.com/fbi-101>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³³²Alyaseri, I., Zhou, J., 2017. Hacia un mejor desempeño ambiental del tratamiento de lodos de aguas residuales utilizando el enfoque de puntos finales en la metodología de ACV. *Heliyon* 3, e00268, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00268>, consultado el 5 de septiembre de 2025.

³³³Dong, J., Tang, Y., Nzihou, A., Chi, Y., Weiss-Hortala, E., Ni, M., Zhou, Z., 2018. Comparación de tecnologías de gasificación e incineración de residuos para la producción de energía mediante la evaluación del ciclo de vida: Estudios de caso en Finlandia, Francia y China. *Revista de Producción Más Limpia* 203, 287–300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.139>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³³⁴ Butt, OM, Ahmad, MS, Che, HS, Rahim, NA, 2021. Diseño de un incinerador de lecho fluidizado a pequeña escala para RSU con capacidad de utilizar HHO como combustible auxiliar. Conferencia de la PIO. Ser.: Mater. Sci. Ing. 1127, 012040. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1127/1/012040>

³³⁵Won, Y., Kim, J.-Y., Park, YC, Yi, C.-K., Nam, H., Woo, J.-M., Jin, G.-T., Park, J., Lee, S.-Y., Jo, S.-H., sin fecha, 2020, "Proceso de captura de CO posterior a la combustión en un reactor de lecho fluidizado circulado utilizando 200 kg de sorbente a base de potasio: "La optimización de las condiciones de regeneración". *Energía*, 208, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118188>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³³⁶Coalición por el Clima y el Aire Limpio (CCAC), "Soluciones de refrigeración", <https://www.ccacoalition.org/content/cooling-solutions>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³³⁷Ibidem.

³³⁸ Departamento de Energía de EE. UU., "Apoyo al uso de refrigerantes naturales", *Better Buildings Solution Center*, <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/solutions-at-a-glance/supporting-use-natural-refrigerants>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³³⁹ Barnard, Mel, 2019, "La magia de la gestión de refrigerantes al final de su vida útil", *Instituto de Estudios Ambientales y Energéticos (EESI)*, <https://www.eesi.org/articles/view/the-magic-of-end-of-life-refrigerant-management>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁴⁰División de Vida Silvestre de Ohio, "¡Los humedales salvajes de Ohio! Un suplemento del Proyecto WILD", <https://dam.assets.ohio.gov/image/upload/ohiodnr.gov/documents/wildlife/education/Ohios%20Wetlands%20PW.pdf>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁴¹ Radl, James, Luis Martínez Villegas, Joseph S. Smith, R. Andrew Tirpak, Kayla I. Perry, Deirdre Wetmore, Elena Tunis et al. "La abundancia y diversidad de mosquitos en el centro de Ohio, EE. UU., varían entre humedales de aguas pluviales, estanques de retención y estanques de detención y sus parámetros ambientales asociados". *PloS one* 19, núm. 6 (2024): e0305399.

³⁴²Richardson, M., Liu, P. y Eggleton, M., 2022. Valoración de la restauración de humedales: evidencia del mercado inmobiliario en Arkansas. *Economía ambiental y de recursos*, 81 (3), pp.649-683.

³⁴³El autogobierno local está establecido en el Artículo XVIII, Sección 7 de la Constitución de Ohio.

³⁴⁴Great Lakes Restoration Institute (GLRI), "Projects", <https://www.glri.us/projects>, consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁴⁵Benson, John, 31 de julio de 2024, "Parma continúa comprando y demoliendo viviendas para aliviar las inundaciones", Cleveland.com, <https://www.cleveland.com/community/2024/07/parma-continues-buying-and-demolishing-homes-to-alleviate-flooding.html>, consultado el 5 de septiembre de 2025

- ³⁴⁶ Departamento de Recursos Naturales de Ohio, 2024, “Idoneidad para la labranza cero - Condado de Lorain”, ArcGIS, <https://gis.ohiodnr.gov/geodata/lorain/lrtiplr.zip> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³⁴⁷ Mitsch, WJ, Bernal, B., Nahlik, AM, Mander, Ü., Zhang, L., Anderson, CJ, ... y Brix, H. (2013). Humedales, carbono y cambio climático. *Ecología del paisaje* , 28 , 583-597.
- ³⁴⁸ *Ibidem*.
- ³⁴⁹ Ruane, D., Martin, J., Brooker, M., Bernal, B., Anderson, C., Nairn, R. y Mitsch, WJ (2025). 29 años de secuestro de carbono en dos humedales ribereños construidos. *Ingeniería Ecológica* , 210 , 107435.
- ³⁵⁰ Shen, Y., Linville, JL, Urgun-Demirtas, M., Mintz, MM y Snyder, SW (2015). Una descripción general de la producción y utilización de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a gran escala en los Estados Unidos: Retos y oportunidades hacia plantas de tratamiento de aguas residuales energéticamente neutrales. *Reseñas de energía renovable y sostenible* , 50 , 346-362.
- ³⁵¹ Zentner, J., Glaspy, J. y Schenk, D. (2003). Costos de restauración de humedales y bosques ribereños. *Restauración Ecológica* , 21 (3), 166-173. Gutrich, J. J., & Hitzhusen, F. J. (2004). Evaluación de la sustituibilidad de los humedales de mitigación por sitios naturales: estimación de los costos de restauración de la mitigación de los humedales. *Economía Ecológica* , 48 (4), 409-424.
- ³⁵² Mondal, S., Chakraborty, D., Paul, RK, Mondal, A. y Ladha, JK, 2023. La siembra directa es más una forma de preservar el suelo que de mitigar el cambio climático. *Agricultura, ecosistemas y medio ambiente* , 352 , p.108498.
- ³⁵³ CTC, 2020, *Plan de árboles de Cleveland: Informe de progreso de la cubierta arbórea de 2020* , <https://static1.squarespace.com/static/66d0b32e571e5f2b94766fd2/t/6707e7134e4efa1b0da20404/1728571158340/Cleveland-Tree-Plan-2020-Tree-Canopy-Progress-Report.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³⁵⁴ Hoffman, JS, Shandas, V. y Pendleton, N. (2020). Los efectos de las políticas de vivienda históricas sobre la exposición de los residentes al calor intraurbano: un estudio de 108 áreas urbanas de EE. UU. *Clima* , 8 (1), 12.
- ³⁵⁵ U.S.EPA, 2008, "Trees and Vegetation." En: *Reducción de las islas de calor urbanas: Compendio de Estrategias* , Washington, DC: EPA de EE. UU., <https://www.epa.gov/heatislands/guide-reducing-heat-islands> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³⁵⁶ McPherson, EG, JR Simpson, P. J. Peper, S.E. Maco, y Q. Xiao. 2005* Beneficios de los bosques municipales y costos en cinco ciudades de EE.UU. *Revista de silvicultura*. 103(8):411-416
- ³⁵⁷ Eisensohn, M., 2022, “Los paneles solares reducen las emisiones de CO2 más por acre que los árboles, y mucho más que el etanol de maíz”, *Estado del Planeta: Noticias de la Escuela de Clima de Columbia*. <https://news.climate.columbia.edu/2022/10/26/solar-panels-reduce-co2-emissions-more-per-acre-than-trees-and-much-more-than-corn-ethanol/> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³⁵⁸ McPherson, E. G., van Doorn, N. S., & Peper, P. J. (2016). Base de datos de árboles urbanos y ecuaciones alométricas. *Gen. Tecn. Rep. PSW-GTR-253: Albany, CA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Estación de Investigación del Pacífico Suroeste*. 86 p. 253.
- ³⁵⁹ Mitsch et al, 2023, *Humedales: Wiley* , <https://www.wiley.com/en-us/Wetlands%2C+6th+Edition-p-9781119826958> , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³⁶⁰ Los datos presentados aquí provienen de la lista de cocontaminantes del NEI de la EPA, y se asumió una reducción proporcional de los cocontaminantes a las reducciones totales de emisiones.
- ³⁶¹ Todas estas instalaciones informan al GHGRP de la EPA y emiten al menos 25.000 toneladas métricas de CO2e al año. Incluyen instalaciones industriales, centrales eléctricas, vertederos e infraestructura de tuberías.
- ³⁶² USDOT, 2021, “Orientación departamental sobre la valoración de una vida estadística en el análisis económico”, <https://www.transportation.gov/office-policy/transportation-policy/revised-departmental-guidance-on-valuation-of-a-statistical-life-in-economic-analysis> . FTA, 2013, *Guía final de políticas para el proceso de evaluación y calificación de nuevas y pequeñas empresas* , https://www.apta.com/wp-content/uploads/Resources/gap/fedreg/Documents/NS-SS_Final_PolicyGuidance_August_2013.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025
- ³⁶³ Flaig, Joseph, 2024, “Instalaciones deficientes que frenan el potencial de las bombas de calor”,

Engineering News ,

<https://www.imeche.org/news/news-article/poor-installations-holding-back-heat-pump-potential> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁶⁴Samuels, Alana, 2024, “¿Qué sucede con esos paneles solares cuando las empresas solares cierran?” *Tiempo* , <https://time.com/6991853/solar-panels-roof-companies-shut-down/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁶⁵Administración Nacional de Seguridad en el Transporte por Carretera (NHTSA), 2025, “Clasificación de las tasas estatales de mortalidad de peatones”, <https://www-fars.nhtsa.dot.gov/states/statespedestrians.aspx> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁶⁶Castro, A., Kahlmeier, S. y Gotschi, T., 2018. Tasas de mortalidad en carreteras ajustadas a la exposición para ciclistas y peatones en países europeos. Documento de debate del Foro Internacional de Transporte, <https://www.econstor.eu/handle/10419/194068> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁶⁷Para obtener una descripción más detallada de las categorías de carga utilizadas para identificar a los LIDAC, consulte la explicación proporcionada en el PCAP.

³⁶⁸Si bien estas herramientas ya no están disponibles en los sitios web del gobierno federal, existen versiones anteriores disponibles.

CEJST: <https://edgi-govdata-archiving.github.io/j40-cejst-2/en/previous-versions/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

EJScreen: <https://pedp-ejscreen.azurewebsites.net/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁶⁹ Las SPA son unidades de planificación que corresponden aproximadamente a los vecindarios dentro de la ciudad de Cleveland. Para obtener una descripción general de estas SPA, visite :

Ciudad de Cleveland, 2010, *Áreas de Planificación Estadística (SPA)* , Ciudad de Cleveland, https://planning.clevelandohio.gov/2010census/downloads/All_SPA_FactSheets_051916.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁷⁰Datos de la comunidad y los vecindarios del noreste de Ohio para organizar, “Mapas de referencia e información geográfica”, <https://neocando.case.edu/reference-maps.html> , consultado el 5 de septiembre de 2025
Northeast Ohio Data Collaborative, 2012, *vecindarios de Cleveland: Áreas de planificación estadística* , Cleveland: Ciudad de Cleveland, [https://neocando.case.edu/new_cando/maps_2010/Cuyahoga/Cleveland%20City%20SPAs%20\(with%20census%20tracts%20and%20roads\).pdf](https://neocando.case.edu/new_cando/maps_2010/Cuyahoga/Cleveland%20City%20SPAs%20(with%20census%20tracts%20and%20roads).pdf) , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁷¹Esta tabla incluye solo ciudades, aunque varias aldeas, incluidas Cuyahoga Heights, Highland Hills, Newburgh Heights y North Randall, abarcan solo un área censal y esa única área cumple con el umbral de una comunidad LIDAC.

³⁷²Ciudad de Cleveland, 2024, *Actualización de participación comunitaria del Plan de acción climática* , Ciudad de Cleveland, <https://drive.google.com/file/d/1kMga9uS1X95zdGvsqvkQD1JucjYbOCga/view?usp=sharing> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁷³Ciudad de Cleveland, 2024, *Actualización de participación comunitaria del Plan de acción climática* , Ciudad de Cleveland, <https://drive.google.com/file/d/1kMga9uS1X95zdGvsqvkQD1JucjYbOCga/view?usp=sharing> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁷⁴Ciudad de Cleveland Heights, 2024, *Cleveland Heights Climate Forward: Un plan de acción y resiliencia*, Ciudad de Cleveland Heights: Ciudad de Cleveland Heights, https://www.clevelandheights.gov/DocumentCenter/View/19363/Cleveland-Heights-Climate-Forward-Plan_Final?bidId= , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁷⁵Raifman, MA y Choma, EF, 2022. Disparidades en la actividad y muertes por tráfico según raza/etnia. *Revista americana de medicina preventiva* , 63 (2), pp.160-167.

³⁷⁶ *Robinson v. City of Los Angeles* , 1956, <https://law.justia.com/cases/california/court-of-appeal/2d/146/810.html> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁷⁷*Marco de descarbonización regional de San Diego* .

³⁷⁸*Ibidem*.

³⁷⁹Ibidem.

³⁸⁰Ibid

³⁸¹Ibid

³⁸²Constitución de Ohio, Artículo XVIII, Sección 3.

³⁸³Comisión de Servicios Legislativos de Ohio, 2024, “Análisis del proyecto de ley HB 201”, <https://www.legislature.ohio.gov/download?format=pdf&key=21955> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁸⁴Turner, A., 7 de julio de 2025, “La Ley de un Gran y Hermoso Proyecto de Ley: Consideraciones para las ciudades y los socios comunitarios, *Blog de Derecho Climático* , <https://blogs.law.columbia.edu/climatechange/2025/07/07/the-one-big-beautiful-bill-act-considerations-for-cities-and-community-partners/> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁸⁵Incentivos solares en Ohio: Reembolsos y créditos fiscales 2024”, *Solar Resource* , <https://solar-resource.org/us/ohio/incentives/?utm> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁸⁶Glaeser, EL y Gottlieb, JD, 2009. La riqueza de las ciudades: Economías de aglomeración y equilibrio espacial en Estados Unidos. *Revista de literatura económica* , 47 (4), pp.983-1028.

³⁸⁷*OpenAI* . (2022). Transformador generativo preentrenado ChatGPT (versión gpt-3.5) [Modelo de lenguaje grande]

³⁸⁸Lewis, P. y Morris, J., 2024, “Complementación de las fuentes de información adicional de O* NET: Una exploración preliminar del uso de ChatGPT”, https://www.onetcenter.org/reports/SAI_GPT.html , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁸⁹Administración de Recursos y Servicios de Salud de EE. UU. (HRSA), 2024, “Descripción general del modelado de la oferta”, <https://bhw.hrsa.gov/data-research/projecting-health-workforce-supply-demand/technical-documentation/modeling-supply-health#estimating> , consultado el 5 de septiembre de 2025

OMS, 2010, *Modelos y herramientas para la planificación y las proyecciones del personal sanitario* , Ginebra: OMS, https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44263/9789241599016_eng.pdf , consultado el 5 de septiembre de 2025

Safarishahrbiari, A., 2018. Modelos de previsión de la fuerza laboral: Una revisión sistemática. *Revista de Pronósticos* , 37(7), pp.739-753.

³⁹⁰Crettenden, IF, McCarty, MV, Fenech, BJ, Heywood, T., Taitz, MC y Tudman, S., 2014. Cómo la planificación de la fuerza laboral basada en evidencia en Australia está informando el desarrollo de políticas para la retención y distribución de la fuerza laboral de salud. *Recursos humanos para la salud* , 12, pp.1-13.

³⁹¹<https://www.bls.gov/oes/>. El año más reciente disponible para los datos del OEWS al momento de escribir este artículo es 2024.

³⁹²Oficina del Censo de EE. UU., 2023, “Encuesta de Población Actual (CPS)”, <https://www.census.gov/programs-surveys/cps.html> , consultado el 1 de septiembre de 2025; Sistema Integrado de Datos de Educación Postsecundaria , “Su principal fuente de información sobre colegios, universidades e instituciones técnicas y vocacionales de EE. UU.”, Centro Nacional de Estadísticas Educativas, <https://nces.ed.gov/ipeds> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁹²Departamento de Empleo y Servicios Familiares de Ohio (ODJFS), 2022, “Proyecciones de empleo ocupacional”, https://ohiolmi.com/Home/DS_Results_OCCPROJ , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁹⁴ODJFS, “Proyecciones de empleo”, <https://ohiolmi.com/Home/Projections/ProjectionsHome> , consultado el 5 de septiembre de 2025

³⁹⁵Oficina de Estadísticas Laborales de EE. UU. (BLS), 2004, *Proyecciones de empleo hasta 2012: conceptos y contexto* : Washington, DC: BLS, <https://www.bls.gov/opub/mlr/2004/02/art1full.pdf> , consultado el 5 de septiembre de 2025