

Instituto Meteorológico Nacional
Proyecto Desarrollo del Primer Informe Bienal de Transparencia (BTR)

Consultoría
Desarrollo de escenarios de proyección de emisiones de gases de efecto
invernadero en Costa Rica
UNDP-CRI-00099.

Producto 4. Informe Final Escenarios de Mitigación
(Borrador para revisión)

Francisco Javier Sancho

1 Tabla de contenido

2	<i>Introducción.....</i>	<i>11</i>
3	<i>Contexto de la Política Nacional de Descarbonización</i>	<i>13</i>
3.1	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	14
4	<i>Análisis de factores condicionantes de las emisiones de GEI</i>	<i>15</i>
4.1	Población.....	16
4.2	Viviendas	17
4.3	Producto Interno Bruto	18
4.4	Manejo de Residuos.....	20
4.5	Sector Transporte	22
4.6	Sector Eléctrico	26
4.7	Procesos Industriales y uso de productos	28
4.8	Sector Agropecuario	29
4.9	Sector Forestal.....	38
5	<i>Escenario de Referencia de las Emisiones Sectoriales</i>	<i>46</i>
5.1	Sector de Residuos.....	46
5.1.1	Residuos Sólidos	46
5.1.2	Aguas residuales	59
5.2	Sector energía.....	68
5.2.1	Subsector transporte	68
5.2.2	Subsector eléctrico	86
5.3	Sector Procesos Industriales y Uso de Productos.....	94
5.4	Sector Agropecuario	97
5.5	Sector Forestal	106
5.6	Escenario de Referencia de Emisiones Nacionales.....	114
6	<i>Análisis de Medidas de Mitigación por Sector</i>	<i>119</i>
6.1	Sector Residuos Sólidos	119
6.2	Sector energía.....	124
6.2.1	Subsector Transporte	124
6.3	Diésel consumido por transporte de trenes.....	134
6.4	Reducción de emisiones.....	146
6.4.1	Resultados para el escenario de mitigación	148
6.4.2	Subsector Eléctrico	150

6.5	Sector de Procesos Industriales y Uso Productos.....	152
6.6	Sector Agropecuario	154
6.6.1	Producción ganadera baja en emisiones.....	154
6.6.2	Reducción de un 15% en el Uso de los Fertilizantes Nitrogenados.....	158
6.7	Sector Forestal	159
6.8	Potencial de Mitigación con las medidas identificadas	164
7	<i>Bibliografía.....</i>	167
8	<i>Anexo 1. Control de contactos - proceso de consulta proyecto Desarrollo de escenarios de proyección de emisiones de GEI en Costa Rica</i>	169
9	<i>Anexo 2. Notas y documentos enviado en el proceso consultivo</i>	172

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Emisiones Totales de GEI 2017 (Gg de CO ₂).....	15
Cuadro 13 PIB per cápita para Países de la OCDE en US\$ a Precios Corrientes, 2023	18
Cuadro 3 Tipo de cambio proyectado 2024-2050	19
Cuadro 3 Composición de la Generación Eléctrica (2021)	26
Cuadro 5 Superficie nacional por tipo de Uso de la tierra - Periodo 2008-2013 (hectáreas).....	39
Cuadro 6 Desglose de la Pérdida Bosque Maduro del Periodo 2008-2013 (hectáreas).....	42
Cuadro 7 Origen de la Regeneración Bosques Secundario del periodo 2008-2013 (hectáreas)	43
Cuadro 8 Generación de Residuos Sólidos per cápita (2017-2018)	47
Cuadro 9 Tasa de Generación Per Cápita de Residuos Sólidos	47
Cuadro 10 Disposición de Residuos Sólidos Ordinarios en Costa Rica (ton/año).....	48
Cuadro 11 Porcentaje por destino de residuos sólidos ordinarios no recolectados	48
Cuadro 12 Composición de los Residuos Sólidos	49
Cuadro 13 Porcentaje de residuos valorizables	49
Cuadro 14 Porcentaje de residuos valorizables 2017-2021	49
Cuadro 15 Generación de residuos sólidos en hogares y otras fuentes	50
Cuadro 16 Lugares de Disposición de Residuos sólidos	50
Cuadro 17 Generación de Residuos sólidos en el Escenario de Referencia (TM)	51
Cuadro 18 Parámetros de la Calculadora IPCC para Metano	52
Cuadro 19 Factor de Corrección de Metano (MCF).....	52
Cuadro 20 Emisiones de Metano en sitios de disposición de residuos	52
Cuadro 21 Factores de emisión de metano y óxido nitroso por tratamiento biológico de residuos	54
Cuadro 22 Emisiones de metano y óxido nitroso por tratamiento biológico de residuos	54
Cuadro 23 Fracción de humedad, carbono, carbono fósil y factor de oxidación en los diferentes tipos de residuos sólidos ordinarios.....	56
Cuadro 24 Factores de emisión de metano y óxido nitroso por quema abierta de residuos	56
Cuadro 18 Emisiones de metano y óxido nitroso por tratamiento de residuos.....	57
Cuadro 26 Emisiones de CO ₂ equivalente en residuos sólidos.....	58
Cuadro 27 Parámetros para los tipos de tratamiento de aguas residuales	60
Cuadro 21 Emisiones de GEI procedentes de las aguas residuales domésticas (ton CH ₄ y N ₂ O)	61
Cuadro 29 Parámetros para la estimación de emisiones del tratamiento de aguas industriales	63
Cuadro 30 Datos de actividad para las emisiones de las aguas residuales industriales.....	63
Cuadro 31 Emisiones Totales de Referencia por Aguas Residuales (ton CH ₄).....	65
Cuadro 25 Emisiones de CO ₂ equivalente en aguas residuales.....	66
Cuadro 33 Emisiones de CO ₂ equivalente en sector residuos.....	67
Cuadro 34 Rendimiento según tipo de vehículo y combustible	76
Cuadro 35 Rendimiento promedio de la flota vehicular de automóviles.....	77
Cuadro 36 Recorrido según tipo de vehículo	77
Cuadro 37 Consumo de energía según tipo de transporte	80
Cuadro 38 Factores de Emisión de Hidrocarburos	84
Cuadro 39 Emisión en sector energía por tipo de GEI (Toneladas)	84
Cuadro 40 Escenarios de demanda de energía y potencia en el PEG 2022-2040	88
Cuadro 41 Proyectos del Plan Nacional de Expansión Eléctrica de Referencia (2022-2040)	90

Cuadro 42 Generación eléctrica proyectada en el PEG 2022-2040.....	93
Cuadro 43 Tipos Gases de efecto invernadero.....	94
Cuadro 44 Gases de efecto invernadero por actividad industrial y uso de productos.....	95
Cuadro 45 Equivalencia de Gases de efecto invernadero por Potenciales de calentamiento	97
Cuadro 46 Proyección de Área cultivada por principales Cultivos	99
Cuadro 47 Proyección de Área cultivada de otros Productos (Ha)	99
Cuadro 48 Proyección de Área en Actividades en Fincas agrícolas (Ha)	99
Cuadro 49 Proyección de Área de Pastos (Ha)	101
Cuadro 50 Proyección del Hato ganadero (N° de Cabezas).....	102
Cuadro 51 Factores de Emisión del Sector Agropecuario	104
Cuadro 52 Factores de Emisión del Sector Agropecuario	105
Cuadro 53 Cambio neto en el Área agropecuaria durante el Periodo 2014-2050 (ha).....	107
Cuadro 54 Uso del Suelo en Parques Nacionales y Reservas Biológicas	109
Cuadro 55 Proyección del Cambio neto anual para los Tipos de Cobertura boscosa en función de los Cambios en el Área de las principales actividades agropecuarias en Costa Rica	110
Cuadro 56 Proyección de Emisiones de Referencia para el Sector Forestal (Ton CO ₂)	113
Cuadro 57 Emisión sectorial y total neta en escenario de referencia	115
Cuadro 58 Escenario de Referencia de emisiones por sector y totales netas 2021-2050.....	117
Cuadro 59 Sistemas de Tratamiento de los Residuos Sólidos	119
Cuadro 60 Porcentaje de Reciclaje del Material Recolectado.....	120
Cuadro 61 Porcentaje de Compostaje.....	120
Cuadro 62 Parámetros de Tratamiento de Residuos en Escenarios de Referencia y de Mitigación	121
Cuadro 63 Tasas de Eficiencia de Captación	121
Cuadro 64 Residuos Sólidos: Contenido de Carbono por Fracción de Residuo.....	121
Cuadro 65 Valor calórico de las Fracciones de Residuos (MJ/Kg de Residuos húmedo).....	122
Cuadro 66 Escenario: Potencial Reducción de Emisiones del Sector Residuos en el 2030	123
Cuadro 67 Estimación de Demanda del Tren Metropolitano (pasajeros)	130
Cuadro 68 Situación del Sistema Metropolitano de Autobuses.....	135
Cuadro 69 Situación esperada con la Modernización del Sistema Metropolitano de Autobuses	136
Cuadro 70 Recorrido Promedio de los Pasajeros por Sector.....	136
Cuadro 71 Parámetros en Modernización del Sistema Transporte Público.. Error! Bookmark not defined.	
Cuadro 72 Reducción potencial de Emisiones de GEI por Reducción de Unidades y Viajes (miles de toneladas de CO ₂).....	138
Cuadro 73 Reducción potencial de Emisiones de GEI por Reducción de Uso de Vehículos privados (miles de toneladas de CO ₂).....	139
Cuadro 74 Reducción potencial de Emisiones de GEI por efecto descongestión (miles de toneladas de CO ₂)	139
Cuadro 75 Factores por Tipo de Vehículo	148
Cuadro 76 Factores de Emisión de Hidrocarburos	149
Cuadro 77 Mitigación esperada por generación 100% renovables (ton CO ₂ equivalente)	152
Cuadro 78 Emisiones por reducir en uso de productos (ton CO ₂ equivalente).....	153
Cuadro 79 Medidas de Manejo de la Alimentación y la Finca.....	155
Cuadro 80 Parámetros del Programa de Reducción de Fertilizantes.....	159
Cuadro 81 Opciones de REDD+ Considerados en el ER-PIN y Área Estimada	160

Cuadro 82 Reducción de Emisiones Estimadas de las Acciones Forestales.....163

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Proyección de Población según Censo del 2012.....	17
Gráfico 2 Histórico y Proyección de Viviendas al 2050.....	17
Gráfico 3 Histórico y Proyección del Producto Interno Bruto real (1991=100).....	20
Gráfico 4 Residuos municipales y Número de Viviendas.....	21
Gráfico 5 Residuos generados y Población.....	21
Gráfico 6 Residuos Sólidos y PIB per cápita.....	22
Gráfico 7 Flota Vehicular total y PIB real.....	23
Gráfico 8 Flota de Transporte público y PIB real	23
Gráfico 9 Flota de Vehículos de Carga y PIB real.....	24
Gráfico 10 Flota de Vehículos particulares y ventas de gasolinas	24
Gráfico 11 Flota de Vehículos particulares y volumen total de gasolinas	25
Gráfico 12 Flota de Vehículos de carga pesada y volumen total de diésel	25
Gráfico 13 Flota de Vehículos de autobuses y volumen total de diésel.....	26
Gráfico 14 Demanda eléctrica y tasa de crecimiento 1976-2021.....	27
Gráfico 15 Demanda Eléctrica y PIB real 1997-2021	28
Gráfico 16 Emisiones de HFC por fuente en CO ₂ equivalente (Gg)	29
Gráfico 17 Producción bovina y porcina y PIB.....	30
Gráfico 18 Producción bovina y porcina y población	30
Gráfico 19 Consumo per cápita de Carne de Res	31
Gráfico 20 Producción de Leche y PIB real	31
Gráfico 21 Producción de Leche y población	32
Gráfico 22 Distribución de Área de Siembra agrícola (2022).....	32
Gráfico 23 Producción de Café y PIB real	33
Gráfico 24 Área de siembra y valor agregado de la producción de Café	33
Gráfico 25 Producción de Arroz y PIB real.....	34
Gráfico 26 Área de siembra y valor agregado de la producción de Arroz	34
Gráfico 27 Producción de Caña de Azúcar y PIB per cápita.....	35
Gráfico 28 Área de siembra y valor agregado de la producción de Caña de Azúcar	35
Gráfico 29 Producción de Banano y PIB real	36
Gráfico 30 Área de siembra y valor agregado de la producción de Banano	36
Gráfico 31 Producción de Palma de Aceite y PIB real.....	37
Gráfico 32 Área de siembra y valor agregado de la producción de Palma de Aceite	37
Gráfico 33 Producción de Piña y PIB real	38
Gráfico 34 Área de siembra y valor agregado de la producción de Piña.....	38
Gráfico 35 Distribución por tipo de Uso de la tierra - Periodo 2008-2013 (hectáreas).....	39
Gráfico 36 Área sembrada por producto agrícola - Periodo 1990-2022 (hectáreas)	41
Gráfico 37 Destino y Origen de la Pérdida y Ganancia de Área Agropecuaria (2008-2013).....	43
Gráfico 38 Área plantada y cosechada de plantaciones forestales (1990-2020)	44
Gráfico 39 Volumen cosechado de bosques naturales (2008-2013).....	45
Gráfico 40 Destino y Origen de la Pérdida y Ganancia de Área Agropecuaria (2008-2013).....	45
Gráfico 41 Emisiones totales de CO ₂ del Sector Residuos Sólidos	59
Gráfico 42 Estimación de Generación de carga BOD en aguas residuales domésticas al 2050	61

Gráfico 43 Estimación de Emisiones de CO ₂ equivalente en aguas residuales.....	67
Gráfico 44 Estimación de Emisiones de CO ₂ equivalente en aguas residuales.....	68
Gráfico 45 Costa Rica: Consumo energético total 2011-2020 (Terajulios).....	69
Gráfico 46 Costa Rica: Consumo energético total 2021 (Terajulios).....	69
Gráfico 47 Composición de las Emisiones del Sector Transporte 2021 (Gg de CO ₂).....	69
Gráfico 48 Composición del Parque Vehicular 2021.....	70
Gráfico 49 Composición del Parque Vehicular por tipo de combustible 2021.....	71
Gráfico 50 Evolución del Parque Vehicular.....	71
Gráfico 51 Vehículos privado y comercial por persona.....	72
Gráfico 52 Población por Vehículo en Países de la OCDE (2022).....	73
Gráfico 53 Relación histórica y proyección de vehículos por persona (1990-2050).....	74
Gráfico 54 Proyección del Parque Vehicular al 2050.....	74
Gráfico 55 Composición del parque vehicular al 2050.....	75
Gráfico 56 Intensidad de uso de combustibles histórica y proyectada.....	75
Gráfico 57 Composición de la antigüedad de la flota vehicular.....	76
Gráfico 58 Proyección de consumo de energía del parque vehicular.....	78
Gráfico 59 Composición del consumo del parque vehicular al 2050 (Terajulios).....	78
Gráfico 60 Proyección del Consumo de Energía por Modo de Transporte.....	79
Gráfico 61 Proyección del consumo de energía en sector industria.....	81
Gráfico 62 Proyección del consumo de energía en sector institucional y agrícola.....	81
Gráfico 63 Proyección del consumo de energía en sector producción de energía.....	82
Gráfico 64 Proyección del consumo total de energía.....	83
Gráfico 65 Proyección del consumo total de energía por fuente.....	83
Gráfico 66 Escenario de Referencia por Uso de Hidrocarburos.....	85
Gráfico 67 Capacidad Instalada por fuente 2021 (MW).....	86
Gráfico 68 Generación de electricidad 2021 (GWh).....	87
Gráfico 69 Escenarios de Expansión de la Demanda Eléctrica, 2014-2035.....	89
Gráfico 70 Consumo de energía por producción eléctrica.....	92
Gráfico 71 Capacidad Eléctrica por tipo de fuentes en escenario de referencia.....	93
Gráfico 72 Emisiones de CO ₂ equivalente para el sector PIUP.....	96
Gráfico 73 Histórico del área sembrada por producto.....	98
Gráfico 74 Línea de Referencia de Área cultivada.....	100
Gráfico 75 Escenario de Referencia de uso de suelo en pasturas.....	102
Gráfico 76 Línea de referencia del hato vacuno.....	103
Gráfico 77 Línea de referencia del otro ganado.....	103
Gráfico 78 Línea de Referencia de Emisiones del Sector Agropecuario.....	106
Gráfico 79 Cambio Neto en el Área Agropecuaria Durante el Periodo 2022-2050 (ha).....	108
Gráfico 80 Distribución del Área de Pérdida o Ganancia según Destino u Origen para las principales Actividades agropecuarias en Costa Rica (2008-2013).....	109
Gráfico 81 Tasas de Deforestación de Bosque Maduro en Costa Rica para los Tipos de Bosque identificados (BHT, BHP y BST y Bosque Maduro).....	111
Gráfico 82 Tasas de Deforestación de Bosques Nuevos según Edad media del Cohorte.....	112
Gráfico 83 Cobertura de Bosques nuevos en Costa Rica para el Periodo 2014-2050.....	112

Gráfico 84 Estimación del Cambio de Existencias de Carbono forestal a partir de la Proyección de Cobertura boscosa	114
Gráfico 85 Escenario Nacional de Referencia: Emisiones Totales al 2050	115
Gráfico 86 Emisiones Totales según Tasas alternativas de Crecimiento del PIB	116
Gráfico 87 Emisiones totales en el 2030 a tasas alternativas de crecimiento del PIB.....	116
Gráfico 88 Emisiones totales en el 2050 a tasas alternativas de crecimiento del PIB.....	117
Gráfico 89 Opciones de Mitigación de Residuos Sólidos bajo Escenario de mitigación.....	123
Gráfico 90 Ahorro de Energía con el Tren Metropolitano.....	Error! Bookmark not defined.
Gráfico 91 Proyección del Parque Vehicular en Escenario de Referencia	140
Gráfico 92 Evolución de la flota de transporte eléctrico 210-2024.....	142
Gráfico 93 Proyección de la flota de transporte eléctrico.....	143
Gráfico 94 Escenario 2: Proyección de Flota de Transporte.....	147
Gráfico 95 Escenario de mitigación por medidas en sector transporte	149
Gráfico 96 Composición de la reducción en emisiones proyectada para el 2030	150
Gráfico 97 Emisiones estimadas a partir del PEG 2022-2040.....	150
Gráfico 98 Porcentaje de Generación con Fuentes Renovables para Escenarios de Referencia y Mitigación.....	153
Gráfico 99 Escenarios de Pastos Mejorados	157
Gráfico 100 Escenarios de Carga Animal	157
Gráfico 83 Hato Ganadero por Escenario.....	158
Gráfico 102 Impacto de Medidas Agropecuarias en Escenario de mitigación	159
Gráfico 103 Secuestro de Carbono de Sistemas Pastoriles	162
Gráfico 104 Emisiones del Sector Forestal en Escenario de Referencia y con las Medidas	164
Gráfico 105 Abatimiento de emisiones totales y meta NDC	165
Gráfico 106 Abatimiento de emisiones totales, Meta NDC y ruta de descarbonización.....	166

LISTA DE ACRÓNIMOS

AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use (Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo)
A y A	Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados
BUR	Biannual Update Report (Reporte de Actualización Bianual)
BCCR	Banco Central de Costa Rica
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CN	Carbono Neutralidad
DCC	Dirección de Cambio Climático
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
GEI	Gas de Efecto Invernadero
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INCOFER	Instituto Costarricense de Ferrocarriles
NDC	INationally Determined Contribution (Contribución Nacionalmente Determinada)
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INTA	Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
MDC	Mercado Doméstico de Carbono
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MINSA	Ministerio de Salud
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PIB	Producto Interno Bruto
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
SEPSA	Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria
UCC	Unidades Costarricenses de Compensación

2 Introducción

Este reporte complementa el producto 4 de la consultoría Desarrollo de escenarios de proyección de emisiones de gases de efecto invernadero en Costa Rica, proyecto que desarrolla el Instituto Meteorológico Nacional en el marco del Proyecto Desarrollo del Primer Informe Bienal de Transparencia (BTR).

La consultoría cuenta con el apoyo del proyecto NDC Support Programme-Fomento de Capacidades LECB II – de la unidad de Naturaleza Clima y Energía del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Costa Rica.

El objetivo general de la consultoría es desarrollar escenarios de proyección de emisiones de gases de efecto invernadero en Costa Rica (línea base) basados en los escenarios de crecimiento de la economía integrando los cambios y las variables que el país ha tenido durante la última década para un horizonte de tiempo de corto, mediano y largo plazo (2050), de acuerdo con los compromisos adquiridos en el contexto del Acuerdo de París.

Los objetivos específicos de la consultoría son:

1. Realizar un análisis de los factores condicionantes o drivers del comportamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los diversos sectores de interés del estudio.
2. Establecer la compatibilidad de los inventarios de GEI elaborados por el IMN con los modelos sectoriales desarrollados para los escenarios.
3. Realizar un proceso consultivo y de validación con las partes interesadas y actores clave en la formulación de los modelos y escenarios de emisiones GEI sectoriales.
4. Generar modelos sectoriales de estimación de emisiones de GEI en hojas cálculo Excel para cada uno de los sectores IPCC y establecer escenarios de la proyección de las emisiones de GEI a corto, mediano y largo plazo, y en condiciones de crecimiento de variables socioeconómicas bajo, moderado y alto.

Este reporte constituye el informe final de la construcción de los escenarios de mitigación de emisiones sectoriales y las emisiones nacionales proyectadas hasta el 2050. El análisis se realiza por sectores, buscándose una consistencia con las metodologías de los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

Además, en los anexos se ofrecen los materiales con los que se basó el proceso consultivo del proyecto.

Si tiene interés en el documento completo, comuníquese con:

sancho@sanchoconsulting.com

7 Bibliografía

Agresta (2015). Generación de los mapas de coberturas para el monitoreo de la deforestación, reforestación y degradación forestal para el proceso de construcción del nivel de referencia para el programa de Reducción de Emisiones del mecanismo REDD+ de Costa Rica. <https://agresta.org/project/generating-consistent-historical-time-series-of-activity-data-from-land-use-change-for-the-development-of-costa-ricas-reddplus-reference-level/>

Bojórquez, Francisco y Hernández, Javier. Eficiencia energética en la movilidad: el gran reto. México: Eficiencia Energética, año 6, Número 24, periodo octubre-diciembre de 2019.

EPYSA (2014). Apoyo al modelo general de sectorización de transporte público de San José, Costa Rica. Presentado a INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK – IDB - WASHINGTON D.C. Consorcio EPYPSA - SIGMA GP

Giegrich, Jürgen y Vogt, Regine (2009). IPCC Waste Model. <https://www.bivica.org/files/gases-invernadero-calculo.pdf>.

Groves, David y otros (2020). Costos y beneficios de la descarbonización de la economía de Costa Rica: evaluación del Plan Nacional de Descarbonización bajo incertidumbre. (Monografía del BID, 863).

ICE (2021). Plan de expansión de la generación eléctrica 2022-2040. San José: Instituto Costarricense de Electricidad, Área Planificación de la Generación.

INCOFER (2014). Ficha Técnica del Proyecto SISTEMA DE TRANSPORTE RÁPIDO DE PASAJEROS del Gran Área Metropolitana (TRP). San José Costa Rica: Instituto Costarricense de Ferrocarriles.

INCOFER (2020). Estudios de Factibilidad Técnica, Económico-Financiera, Ambiental, Social y de vulnerabilidad para la Construcción, Equipamiento, Puesta en marcha, Operación y Mantenimiento, bajo la modalidad de Concesión de Obra con Servicio Público, del Sistema de Tren Rápido de Pasajeros (TRP) de la Gran Área Metropolitana (GAM). Cuarto Informe: Estudio Económico y Financiero. Documento 2: Análisis Costo-Beneficio. DOM Consulting, Engineering and Architecture, S.A.U.

INEC (2012). Censo Nacional del 2012. San José: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

INECO (2013). Estudio para determinar la viabilidad técnica y financiera de la puesta en servicio del tren interurbano de pasajeros del Gran Área Metropolitana de San José de Costa Rica (GAM).

IMN (2021). Inventario Nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de Gases de Efecto Invernadero Costa Rica, 1990-2017. San José: Instituto Meteorológico Nacional.

MAG (2015). La Estrategia de Ganadería Baja en Carbono. San José: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

MINAE (2013). Encuesta de consumo energético nacional en el sector transporte del 2013. San José: MINAE: Dirección Sectorial de Energía.

MINAE (2018). Plan Nacional de Descarbonización al 2050. San José: Ministerio de Ambiente y Energía.

MINAE (2019). Plan nacional de transporte eléctrico 2018-2030. San José: Ministerio de Ambiente y Energía.

MINAE (2020). Contribución Nacionalmente Determinada de Costa Rica 2020. San José: Ministerio de Ambiente y Energía.

MOPT (2010). Plan Nacional de Transportes 2011-2035. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

Ministerio de salud (2022). Material de referencia para la actualización de la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos 2022-2032. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/separayvenceras/img/Linea-base-GIR-Taller-6-de-diciembre%202022.pdf>

LCR Logística S. A. (2007). Estudio de oferta y demanda de transportes de la GAM. Costa Rica. San José, Costa Rica.

OCDE (2023). Revisión de desempeño ambiental de la OCDE: Costa Rica 2023. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

ONF (2021) Reactivación del sector forestal ante el inminente desabastecimiento de madera, tendencias y perspectivas al 2030. San José: Oficina Nacional Forestal.

PIB per cápita para Países de la OCDE en US\$ a Precios Corrientes, 2023. <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?locations=OE>

Sasa, Mohammad y Barboza, Jhonatan (2024). Inventario de emisiones de gases de efecto de invernadero (2017-2022) para sector residuos. Informe Final. San José, IMN. Primer Informe Bienal de Transparencia (BTR) de Costa Rica.