



**ESTADO  
DE LA NACIÓN**

---

**Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2019**

---

## **Investigación de base**

---

# Patrones e impacto del uso de energía en Costa Rica

**Investigador:**  
Jorge Herrera Murillo

San José | 2019



CONSEJO NACIONAL  
DE RECTORES



Año de las universidades públicas  
por la igualdad de género,  
la no violencia y  
una sociedad más justa



PROGRAMA  
ESTADO DE LA NACIÓN

Esta Investigación se realizó para el capítulo Armonía con la Naturaleza, del Informe Estado de la Nación 2019.

Las cifras de esta investigación pueden no coincidir con las consignadas en el *Informe Estado de la Nación 2019* en el capítulo respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

## **Tabla de Contenido**

Introducción.....	4
Patrones de uso y producción .....	4
Sector transporte .....	6
Sector industrial.....	11
Sector residencial .....	13
Sostenibilidad de la matriz eléctrica de Costa Rica .....	13
Contaminación del aire .....	20
Principales avances registrados en la implementación del VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 .....	23
Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 .....	25
Bibliografía .....	40

## **Introducción**

La presente investigación tiene como objetivo general estudiar y evaluar los patrones de uso y gestión de los recursos energéticos en el país, a partir de variables como la demanda, la disponibilidad, las fuentes, los tipos de usos, la calidad, entre otros. Paralelamente, interesa analizar las implicaciones que tienen dichos usos para el ambiente, en términos de producción, consumo y protección.

A pesar de que al igual que en los años anteriores el país mantiene una fuerte dependencia creciente de los hidrocarburos en su matriz energética, especialmente para sectores económicos como el transporte y la industria, la ejecución de acciones plasmadas en el VII Plan Nacional de Energía han permitido trazar la hoja de ruta para diferentes procesos de sustitución de esta fuente de energía por otras renovables (solar, biomasa, etc.) y habilitar condiciones para aprovechar el alto índice de renovabilidad de la matriz eléctrica nacional.

Todas las iniciativas planteadas tienen como ejes estratégicos comunes el desarrollo de condiciones habilitantes de carácter legal o técnico (remozamiento del marco legal del sector energético y las instituciones públicas que lo integran), la búsqueda de financiamiento mediante el establecimiento de alianzas público-privadas, el desarrollo de la investigación que pasa por la búsqueda de financiamiento y la formación de recurso humano, entre otras. Sin embargo, el principal desafío pasa por la modernización del sector para lograr aprovechar las condiciones existentes en materia de disponibilidad de recursos renovables y tecnologías, sin caer en el letargo político que envuelve los procesos de toma de decisiones en el país. Se espera que el Plan Nacional de Descarbonización y los compromisos nacionales en el marco del Acuerdo de París sean lo suficientemente vinculantes como para lograr el éxito de las iniciativas planteadas y la articulación interinstitucional efectiva del sector energético de Costa Rica.

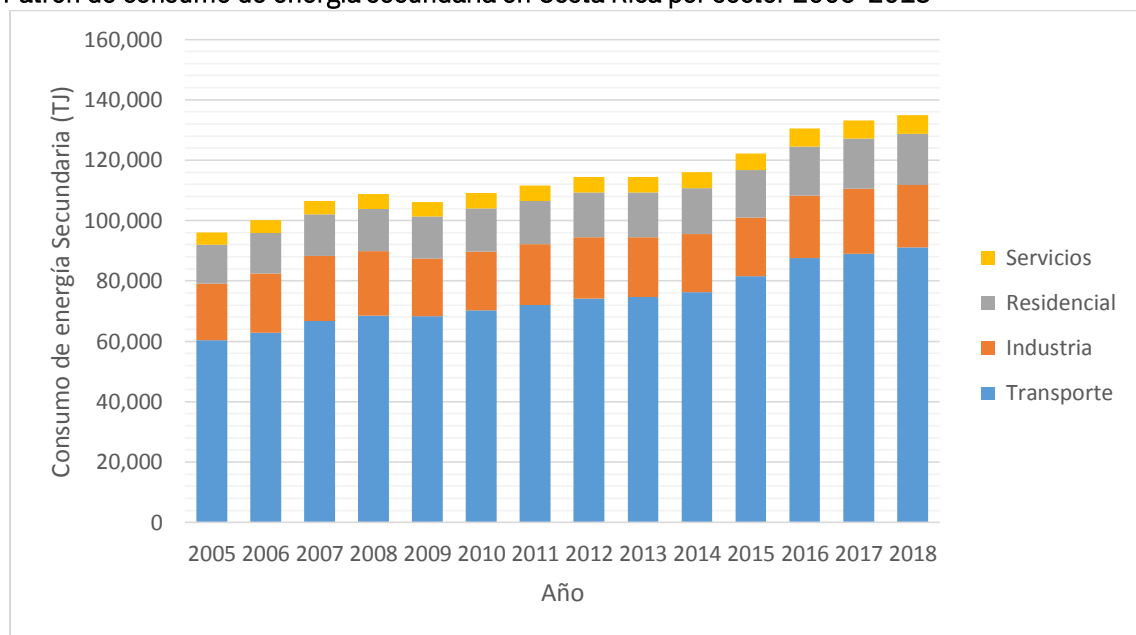
## **Patrones de uso y producción**

Según el balance de energía aportado por la Secretaría de Planificación del Subsector Energía (SEPSE) para el año 2018, el país contó una oferta interna de 111 684 TJ de energía primaria de la cual un 79% fue sometida a procesos de transformación principalmente en centrales eléctricas del sector público, generando un consumo final total de 23 449 TJ, donde un 95,3% fue requerida para la satisfacción de necesidades en materia de energía.

Por otra parte, en el año 2018, el consumo de energía secundaria en el país creció en 1,13% con respecto al 2017, tasa inferior al promedio registrado en el período 2005-2018 (2,65%). Tal como se puede apreciar en el gráfico 1, al igual que en años anteriores el transporte es el principal sector productivo que demanda energía con un 61,7%, seguido de las industrias y residencias, con un 14,1 y 11,5% respectivamente. A su vez, la matriz energética del país continúa mostrando una fuerte dependencia de los hidrocarburos (73,5%), seguida en menor escala por la energía eléctrica (gráfico 2).

Gráfico 1

Patrón de consumo de energía secundaria en Costa Rica por sector 2005-2018



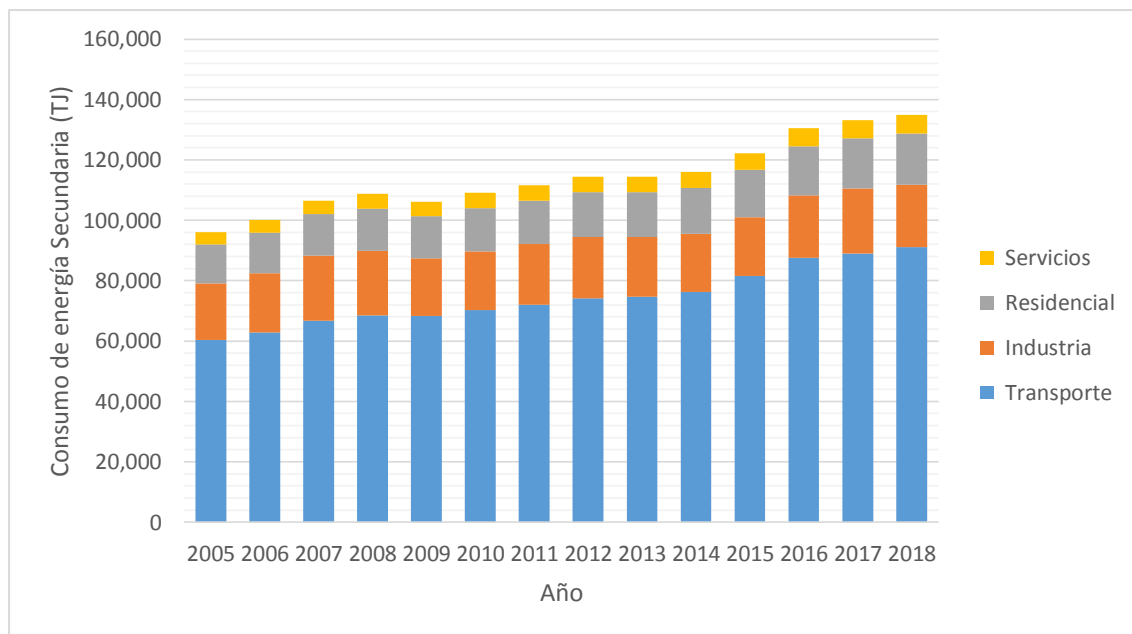
Fuente: elaboración propia con datos de SEPSE.

Según los análisis de prospectiva realizados por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), la dependencia del petróleo a nivel de América Central seguirá aumentando, pasando de 14 Mtep en 2016 a 24 Mtep en 2040, ante la ausencia de una mayor inversión en la explotación de fuentes renovables, sin embargo, se espera que la electricidad gane terreno al ser la fuente con mayor tasa de crecimiento promedio anual en la última década (OLADE, 2018).

La intensidad energética es un indicador que permite cuantificar el vínculo existente entre el consumo de energía y la capacidad de producción de la economía. Se calcula a partir del cociente del consumo energético total y el producto interno bruto (PIB) permitiendo poder valorar el nivel de eficiencia en el uso de los recursos energéticos. Existen dos variantes de este indicador, la intensidad energética primaria que estima la cantidad total de energía para producir una unidad del PIB y la intensidad de energía total, que corresponde a la relación entre el consumo final de energía y el PIB 2011 PPA. Tal como puede observarse en el cuadro 1, Costa Rica registra valores de intensidad energética por debajo del promedio de la región latinoamericana, similares a países como Chile, Colombia y Perú, lo que evidencia un buen nivel de eficiencia en el uso de la energía. De igual forma el consumo de electricidad y energía per cápita del país para el año 2017, se mantuvieron por debajo de la media regional, a pesar de que, a nivel de América Central, se ubica como el segundo país con mayor nivel superado únicamente por Panamá.

Gráfico 2

Contribución por tipo de fuente de la energía secundaria consumida 2009-2018



Fuente: elaboración propia con datos de SEPSE.

### Sector transporte

Tal como se mencionó anteriormente, este es el principal consumidor de energía secundaria proveniente de los hidrocarburos, siendo el responsable del 41% de las emisiones de gases efecto invernadero (IMN, 2015) generadas en el país. Dada la magnitud del impacto ambiental asociado, el gobierno de Costa Rica procedió a la oficialización del Plan Nacional de Transporte Eléctrico (2018-2030) que busca consolidar la electrificación del transporte aprovechando las características de la matriz eléctrica nacional, logrando reducir las emisiones de gases efecto invernadero y procurar una mejora en la calidad del aire, aunque no necesariamente se produzca una disminución en los niveles de congestión vial. El PNTE está organizado en tres sectores estratégicos, tal como se muestra en el cuadro 2.

Como parte de las medidas contempladas del PNTE, durante el mes de octubre de 2018, se presentó el reglamento que regulará la red de los centros de recarga que se instalarán a lo largo de todo el país. En este se establecen las responsabilidades de las empresas distribuidoras para instalar y poner en funcionamiento los centros de recarga. Esta propuesta es el resultado de un proceso participativo que contó con el apoyo de representantes de la ARESEP, el MOPT, la Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica e INTECO entre otras. A partir de un estudio realizado por la UCR sobre la autonomía teórica y real de los vehículos eléctricos y las características de relieve de cada una de las carreteras nacionales y cantonales, el MINAE procederá a la definición de las distancias mínimas requeridas para la instalación y funcionamiento de una red de centros de recarga rápida.

Cuadro 1

Compilación de indicadores energéticos de la región Latinoamericana segregada por países 2017

País	Consumo eléctrico per cápita kWh/hab	Consumo final de energía per cápita tep/hab	Tasa de electrificación %	Oferta Total de energía Mtep	Producción total de energía Mtep	Importaciones totales de energía Mtep	Exportaciones totales de energía Mtep	Consumo Final Total de energía Mtep	Capacidad instalada de generación eléctrica GW	Intensidad energética primaria y final Kep/USD 2011 PPA
Latinoamérica	2 051	1,00	97	896	1069	291	445	636	415	0,09/0,07
Argentina	2 924	1,32	98,79	85,73	73,08	18,10	5,13	58,22	36,15	0,10/0,07
Barbados	3 304	1,48	99,80	0,51	0,06	0,50	0,03	0,42	0,26	0,11/0,09
Belice	1 963	0,97	91,30	0,39	0,20	0,23	0,04	0,38	0,15	0,13/0,13
Bolivia	751	0,56	90,70	9,02	20,68	1,21	13,03	6,24	2,61	0,12/0,08
Brasil	2 382	1,12	98,79	294,55	299,14	83,85	66,68	233,46	157,58	0,10/0,08
Chile	4 105	1,63	99,49	40,78	13,33	30,58	1,73	28,69	24,11	0,08/0,07
Colombia	1 278	0,67	97,02	46,98	136,50	4,00	108,30	33,11	16,84	0,07/0,05
Costa Rica	2 013	0,86	99,40	5,44	3,08	2,92	0,08	4,21	3,53	0,07/0,06
Cuba	1 358	0,55	99,70	11,29	4,88	6,92	0,53	6,26	6,48	0,04/0,02
Ecuador	1 489	0,72	97,33	14,88	30,76	6,10	21,00	12,05	8,05	0,08/0,07
El Salvador	788	0,42	96,70	3,25	0,82	2,44	0,01	2,74	1,84	0,07/0,06
Guatemala	587	0,70	92,26	14,48	9,58	5,87	0,97	11,93	4,07	0,12/0,08
Haití	38	0,30	38,69	4,41	3,46	1,01	0	3,32	0,34	0,24/0,18
Honduras	931	0,62	75,12	5,74	2,75	3,02	0,30	5,08	2,44	0,14/0,13
Jamaica	1 176	0,69	97,50	2,52	0,22	2,91	0,58	1,89	1,02	0,11/0,09
México	2 034	1,03	98,64	221,07	190,52	105,58	71,10	131,43	75,69	0,10/0,08
Nicaragua	555	0,41	94	3,50	1,73	1,79	0,03	2,57	1,48	0,07/0,08
Panamá	2 234	0,86	92,90	4,76	1,15	3,78	0,73	3,55	3,42	0,05/0,04
Paraguay	1 662	0,91	99,27	8,20	9,95	2,43	3,62	6,33	8,81	0,14/0,11
Perú	1 447	0,82	96	25,92	30,76	11,25	11,36	19,54	14,73	0,07/0,05
R Dominicana	1 562	0,61	97,25	8,95	1,33	8,19	0,59	6,21	5,13	0,06/0,04

Uruguay	3 110	1,36	99,77	5,23	3,80	2,14	0,33	4,74	4,55	0,07/0,07
Venezuela	2 918	1,61	98,90	79,43	191,17	5,29	123,82	47,95	30,29	0,19/0,09

Fuente: OLADE 2018.



**Cuadro 2**  
**Estructura de planeación del PNTE 2018-2030**

Sectores	Objetivo	Resultados
Transporte Privado	Reemplazar la flotilla nacional de vehículos convencionales por vehículos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Red de centros de recarga eléctrica instalada y en operación</li> <li>-Demanda de energía para el transporte eléctrico asegurada.</li> <li>-Información al consumidor sobre transporte eléctrico.</li> <li>-Incentivos económicos para facilitar la adquisición de los vehículos eléctricos</li> <li>-Incentivos no económicos para el uso de los vehículos eléctricos.</li> <li>-Disponibilidad y respaldo de vehículos eléctricos de última tecnología y manejo adecuado de los residuos.</li> <li>-Mesa de trabajo para promocionar el transporte eléctrico en el sector turismo.</li> <li>-Generación de capacidades sobre transporte eléctrico desarrolladas.</li> <li>-Industria del transporte eléctrico desarrollada en el país.</li> </ul>
Transporte Institucional	Incorporar vehículos eléctricos en la flotilla del Estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Regulaciones para fomentar la adquisición de vehículos eléctricos en el Estado.</li> <li>-Capacidades desarrolladas sobre el transporte eléctrico en el Estado.</li> <li>-Acuerdos interinstitucionales definidos y aprobados con los diferentes actores del sector público.</li> </ul>
Transporte Público	Desarrollar la electrificación del transporte público	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Proyectos piloto en transporte de servicio público implementados.</li> <li>-Alianzas público-privadas aplicadas para el transporte público eléctrico.</li> <li>-Concesiones de autobuses que incorporen el reemplazo por unidades eléctricas.</li> <li>-Concesiones de taxis que incorporen el reemplazo por unidades eléctricas.</li> <li>-Permisos de transporte de estudiantes, trabajadores y turistas que incorporen unidades vehiculares eléctricas.</li> <li>-Tren eléctrico de Pasajeros en la GAM operando.</li> <li>-Infraestructura nacional para la operación de transporte ferroviario eléctrico planificada.</li> <li>-Tarifas de servicio público y eléctricas definidas</li> </ul>

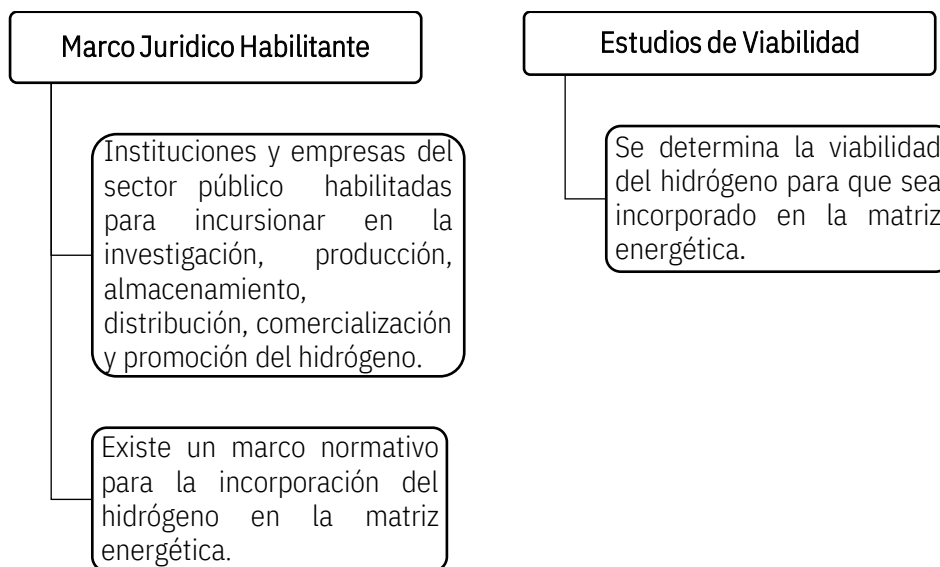
Fuente: elaboración propia con datos del PNTE 2018-2030.

Otra iniciativa de importancia para este sector es la promulgación del Plan de acción interinstitucional para propiciar el uso de hidrógeno en el sector transporte que se deriva a partir de la directriz presidencial N° 002-MINAE que instruye a las instituciones del sector de ambiente y energía para que desarrollen un plan de acción a fin de propiciar la investigación, la producción y la comercialización del hidrógeno como combustible. En la actualidad, la mayoría de las instituciones públicas del sector, carecen de un marco normativo que les permita realizar actividades de investigación, producción y comercialización del hidrógeno. Adicionalmente, de acuerdo con lo establecido en la Ley 7593, el hidrógeno no está calificado como un servicio público.

Es importante mencionar que el hidrógeno no es una fuente de energía primaria, pero si tiene la capacidad de almacenar energía y el impacto ambiental producto de su generación depende de que el proceso utilizado para su obtención implique el uso de alguna forma de energía renovable. En el país, se está planteando obtener hidrógeno mediante la electrólisis del agua, aprovechando la electricidad proveniente de una fuente renovable disponible. El plan incluye dos ejes temáticos como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Marco estratégico del Plan para propiciar el uso de hidrógeno en el sector transporte



Fuente: elaboración propia con datos del Plan.

Entre las actividades más importantes del plan se incluyen:

- Realizar modificaciones en la Ley 6588 de RECOPE y elaborar una nueva que modifique el marco legal de la Junta Administrativa de Servicios Eléctricos Municipal de Cartago. Lo anterior con el fin de habilitar a estas instituciones para investigar, producir, aprovechar y distribuir hidrógeno con fines energéticos.
- Elaborar normas técnicas y reglamentos sobre sistemas de certificación, construcción y almacenamiento de hidrógeno.
- Ejecutar estudios económicos y técnicos para determinar el potencial del hidrógeno como sistema de almacenamiento de energía
- Desarrollar estudios para identificar el potencial de aplicación del hidrógeno en distintos nichos.

Por su parte, la Refinadora Costarricense de Petróleo presentó en diciembre de 2018 el Plan de descarbonización del sector transporte terrestre al año 2037, bajo escenarios que consideran el efecto de las emisiones de dióxido de carbono de factores como la incorporación de tecnologías vehiculares, la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles, la promoción de combustibles más limpios como el GLP y la entrada en operación del tren rápido de pasajeros. A partir de estas premisas se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Impulsar el desarrollo nacional de la industria de biocombustibles: Se plantea la utilización de la Palma aceitera para la producción de biodiesel, la adición de etanol a ambas gasolinas a nivel nacional y la producción de etanol a partir de fuentes no tradicionales.
- Incrementar la flota de vehículos a gas licuado de petróleo: En este eje se contempla la conversión de un 25% de los automóviles particulares y carga liviana y 30% de los taxis y buses a GLP para el 2037.
- Garantizar la continuidad de la investigación y desarrollo de energías alternativas: Los esfuerzos en materia de investigación incluyen el desarrollo de la producción de hidrógeno a partir del glicerol obtenido del residuo de la producción de biodiesel, la implementación de una planta piloto a escala experimental para generar hidrógeno por electrolisis para usarlo como aditivo en calderas y hornos de RECOPE así como la instalación a nivel demostrativo y experimental una estación modelo de repostaje de hidrógeno, Eléctrico y GLP.
- Adaptar el sistema nacional de combustibles para la importación, distribución y venta de GLP para el sector transporte: Se contempla contar con la infraestructura requerida para la importación, el almacenamiento, la distribución y venta de GLP.
- Contar con el recurso humano con las competencias requeridas para el desarrollo de energías alternativas: Se espera formalizar un programa de capacitación en energías alternativas y desarrollo de nuevos negocios.

En caso de realizarse la ejecución exitosa del plan presentado por RECOPE se espera una reducción significativa en la tasa de crecimiento anual de las ventas de combustible pasando en el caso del diesel y la gasolina de 2,01 a 0,5% y de 2,45 a 0,09% respectivamente evitando la generación de 9,9 MM ton CO<sub>2</sub>.

Como parte de la implementación del plan mencionado anteriormente, RECOPE empezaría por sustituir la gasolina super logrando una mezcla compuesta por 10% etanol y 90% gasolina a inicios del año 2019. La mezcla de gasolinas además abarataría el costo del combustible en un rango de 4,71 a 7 colones el litro. Con respecto a esta iniciativa es importante mencionar que, de acuerdo con estudios realizados por el Instituto Mexicano del Petróleo, la incorporación de etanol en la gasolina a un nivel del 6% no genera una variación significativa en cuanto a las emisiones vehiculares de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. Sin embargo, se encontró una tendencia a aumentar las emisiones de acetaldehído (185%) y en menor grado el formaldehído (10%) desencadenando una mayor reactividad en la atmósfera con la consecuente generación de tasas más altas de contaminantes secundarios.

### **Sector industrial**

Como parte de las acciones comprendidas en la implementación del VII Plan Nacional de Energía, el MINAE desarrolló el Proyecto de Elaboración de Hojas de Ruta Tecnológica (HRT) de Energía Renovable para Aplicaciones de Calentamiento. La propuesta busca la sustitución de los combustibles fósiles por biomasa para la generación de calor de proceso en el sector industrial, con el objeto de lograr ahorros en la factura de importación de combustibles. A pesar de que el país cuenta con una oferta importante de biomasa, su participación en la matriz

energética es baja, debido probablemente a la ausencia de mercados de demanda, la desconfianza en un suministro confiable, dispersión territorial y estacional de la biomasa.

La propuesta considera los siguientes impactos a alcanzar para el año 2030:

- Un aumento de la contribución de la biomasa al Balance Energético nacional hasta alcanzar los 26 000 TJ anuales.
- Incremento de  $\frac{2}{3}$  a  $\frac{3}{4}$  en la contribución de la biomasa en la generación de calor en procesos industriales, pasando de 120 a 240 calderas que utilicen este tipo de combustibles.
- Reducción de 1 321 311 ton de CO<sub>2</sub> e de emisiones por desplazamiento de combustibles fósiles.
- Ahorro acumulativo de hasta 17 038 TJ por desplazamiento de combustibles fósiles.
- Movilización de inversiones por US\$ 235,3 millones de los cuales un 63% sería en nuevos equipamientos de calderería, un 18,5% sería en biodigestores y el restante 18,5% en equipamientos de tratamiento y preparación de la biomasa.

Para el cumplimiento de los impactos descritos se han planteado objetivos en materia de gobernanza, desarrollo de condiciones habilitantes para la implementación de mercados de oferta y demanda, formalización de apoyos financieros para el fortalecimiento de la industria de la biomasa, impulso a los proyectos de investigación, desarrollo, demostración e innovación del uso de biomasa en el país.

Vale la pena resaltar el hecho de que la propuesta no incluye y sopesa el impacto de algunos cobeneficios en materia de calidad del aire, ya que el uso de biomasa en procesos de combustión tiende a incrementar los niveles de emisiones de monóxido de carbono, partículas e hidrocarburos poliaromáticos, tal como se puede evidenciar en el estudio realizado por la Universidad Nacional, donde se caracterización las emisiones de las calderas y hornos de combustión indirecta del área metropolitana de Costa Rica según su tamaño y el tipo de combustible utilizado (Herrera et al., 2017). Dado lo anterior, esta medida no puede ser generalizada y se debe analizar muy bien la ubicación de las industrias donde se planean realizar estos procesos de conversión y la línea base de los contaminantes ya existentes en la zona, para evitar afectaciones en la calidad del aire.

En forma adicional, el MINAE trabajo en la hoja de ruta tecnológica (HRT) de energía renovable para aplicaciones de calentamiento y refrigeración en Costa Rica. En el país cerca del 28% del consumo de electricidad del sector industrial corresponde a operaciones de enfriamiento y aire acondicionado. Por otra parte, en el sector comercial, más de un 50% de las instalaciones requieren de enfriamiento o climatización. La propuesta se basa en el uso de calentamiento solar de agua para satisfacer las necesidades de agua caliente, eliminando el uso de calderas o calderines de agua caliente y vapor a baja presión. Este tipo de aplicaciones se realizan actualmente con electricidad o con diésel, con su consecuente afectación en las emisiones de GEI. En la actualidad existen varias barreras que se deben superar para lograr el objetivo propuesto incluyendo la actualización del marco regulatorio de estímulo a la energía térmica solar, la falta de recurso humano calificado (a nivel de venta, asesoría a compradores,

instalación y diseñadores) y la ausencia de divulgación a los usuarios sobre las características y beneficios de la tecnología.

La propuesta considera los siguientes impactos a alcanzar para el año 2030:

- Incremento de un 518% en el área instalada.
- Ahorro adicional de 16,3 GWh respecto al ahorro actual
- Movilización de inversiones por 56,8 millones USD al año
- Reducir las emisiones acumuladas en 5000 ton CO<sub>2</sub> e.

Para el cumplimiento de los impactos descritos se han planteado objetivos en materia de gobernanza (vínculos de la hoja de ruta con los compromisos nacionales de cambio climático, modelos de alianzas público-privadas), fortalecimiento de ambientes habilitantes (incentivos fiscales, actividades de capacitación, adaptación de la planificación energética nacional, desarrollo de políticas y normas), desarrollo de investigación (uso de fondos nacionales de investigación, formación de técnicos), mecanismos de apoyo financiero y desarrollo de una cultura energética sostenible.

### **Sector residencial**

Entre las acciones propuestas para este sector se emitió el reglamento técnico “RTCR 482: 2015. Productos Eléctricos. Refrigeradores y Congeladores Electrodomésticos operados por motocompresor hermético”. En este documento se establecen los valores máximos de consumo de energía eléctrica para los refrigeradores y los congeladores de uso doméstico que se produzcan, importen y comercialicen en el país. Como parte del alcance del reglamento, se solicita que todos estos productos cuenten con una etiqueta que contenga la información de eficiencia para que la ciudadanía pueda incluir este criterio como parte de los aspectos a considerar en la selección del producto a adquirir.

Adicionalmente, el reglamento habilita el mecanismo de demostración de la conformidad, permitiendo las verificaciones de que los equipos cumplen con las especificaciones solicitadas. Este esfuerzo resulta un primer paso muy valioso que debe extenderse a otros equipos en procura de reducir el consumo eléctrico de los hogares con la consecuente reducción de la factura mensual a pagar por este rubro.

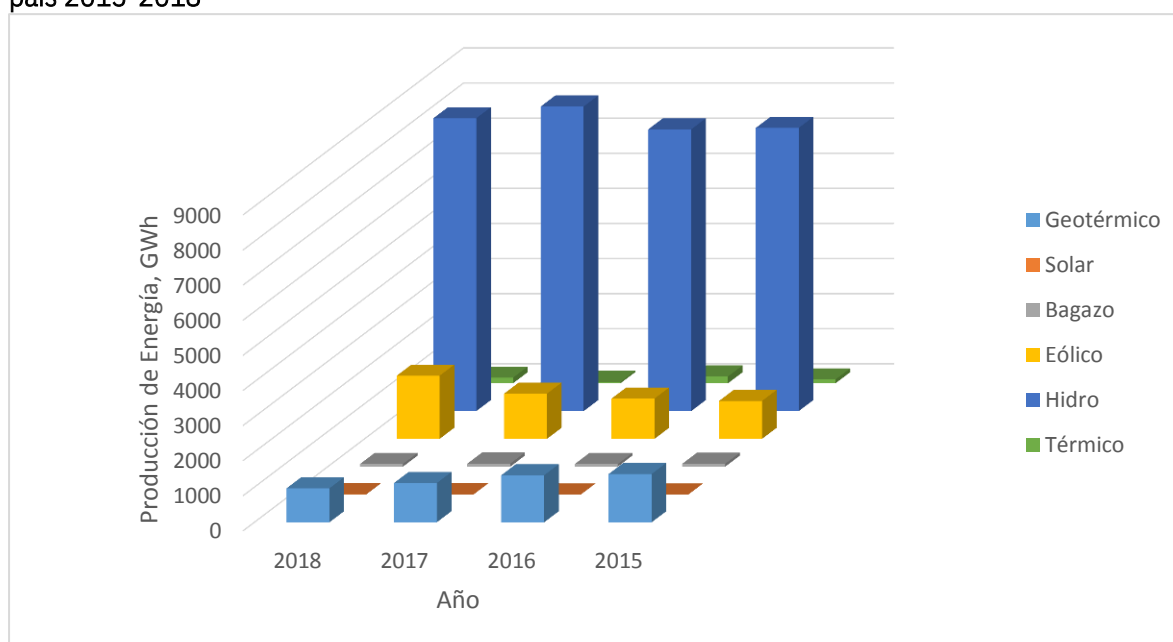
### **Sostenibilidad de la matriz eléctrica de Costa Rica**

Durante el año 2018, el país alcanzó una generación de 11 355,45 GWh de los cuales un 98,6% fue obtenido haciendo uso de fuentes renovables. El uso de recurso hídrico representa el mayor aporte con un 73,47% , seguido del viento con 15,84%. Si se analiza la evolución del aporte de las fuentes en los últimos años, sobresale el crecimiento de un 266,9% en el aporte de la energía solar con respecto al año 2017 y el patrón de detrimento sostenido de la participación de la energía geotérmica en la matriz eléctrica nacional, el cual se basa en la decisión estratégica del ICE de utilizar la capacidad instaladas de otras fuentes como la solar y eólica, para abastecer la demanda de energía.

Por otra parte la demanda anual de energía (11 114 701,21 MWh) creció tan solo un 0,87% y se mantiene prácticamente constante con respecto al valor registrado para el año 2017 (0,80%), presentando un escenario en donde la producción del país se mantiene por encima de la demanda, situación que prevalece desde mediados del año 2016 a la fecha.

Gráfico 3

Evolución del aporte de las fuentes renovables y convencionales a la producción de energía eléctrica del país 2015-2018



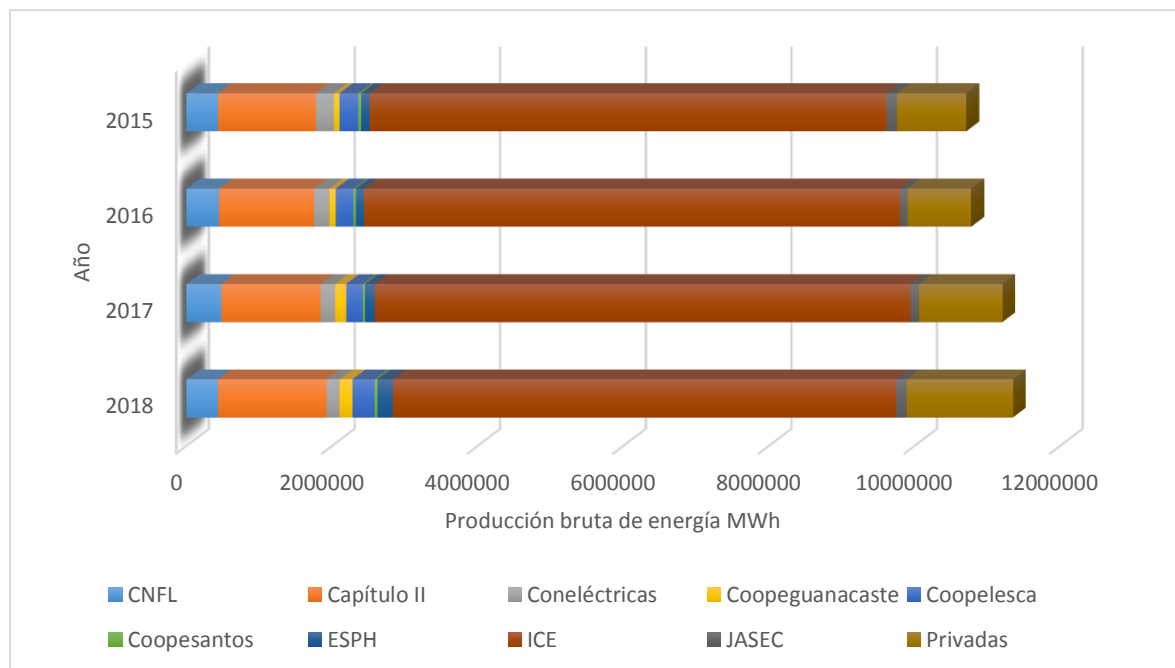
Fuente: elaboración propia con datos del CNCE.

La potencia instalada en Costa Rica al 31 de diciembre de 2018 alcanzó los 3 616 832 kW, de la cual el sector hidroeléctrico concentra un 65,6% seguido del termoeléctrico con 15,81%. El Instituto Costarricense de Electricidad aporta un 68,58% mientras que las generadoras privadas, incluidas en los capítulos I y II de la Ley 7200, contribuyen con 19,44% (ICE, 2019).

La producción bruta de energía por empresa también es dominada por el ICE con 60,92% seguido de la participación del sector privado con un 26,01%. Al analizar la contribución de las empresas a la producción neta del período 2015-2018 (Gráfico 4), se puede apreciar una tasa sostenida de crecimiento de CoopeGuanacaste y la ESPH con 33,9 y 25,1% anual respectivamente, caso contrario sucede con el ICE y la CNFL cuya contribución promedio se ha mantenido sin mayores variaciones, debido a sus mayores tasas de generación en relación con las otras empresas. La participación del sector privado ha venido aumentando en promedio un 16,7% anual.

Gráfico 4

Evolución de la producción bruta de energía eléctrica por empresa 2015-2018



Fuente: elaboración propia con datos del Centro Nacional de Control de Energía.

En total la energía pagada a empresas privadas de generación por el ICE en el año 2018, es un 17,7% superior al monto erogado en el año 2017, debido a las condiciones climatológicas del país. Esta situación debe generar una profunda discusión a nivel nacional sobre la conveniencia de este tipo de compras ya que tan solo en el año 2018 se pagaron cerca de 128 mil millones de colones, sobre todo si se toma en cuenta que para ese año, el ICE genera el kilovatio promedio con agua y viento a la mitad de precio que los privados: 4,21 centavos de dólar frente a 8,6 centavos de dólar (ICE, 2018).

En materia de sostenibilidad de la matriz eléctrica del país, se puede indicar que desde el año 2018, el ICE formuló el Plan de Expansión de la generación eléctrica 2018-2034, en un contexto marcado por el bajo crecimiento de la demanda y las fuertes exigencias por mantener los altos niveles de uso de energía renovable en la matriz. A partir de estas premisas se establece que después de la entrada en operación del Proyecto Pailas 2 en el año 2019 no se prevén requerimientos adicionales de capacidad hasta el año 2026 en que está programada la entrada en operación del Proyecto Borinquen 1 de 55 MW. Adicionalmente el plan incluye la adición de 150 MW de fuentes solares y se concluye quedadas las condiciones existentes, no resulta económico modernizar la Planta Eólica Tejona antes del año 2026.

Otro aspecto por resaltar, en la formulación del plan es que gracias a la capacidad de respaldo que brindan las plantas del Complejo Arenal y Reventazón y a la energía firme que aporta el parque geotérmico, a partir del 2028 los requerimientos adicionales de capacidad serán cubiertos por proyectos eólicos y solares en su mayor parte. Sin duda una buena noticia para el país es que dentro del plan se programa para el 2019 la salida de operación de las plantas térmicas Barranca y San Antonio, con más de 40 años de operación, y costos muy altos de operación. El plan formulado en general, muestra que el país tiene garantizada la atención de la demanda eléctrica para los próximos ocho años, a partir de una matriz de generación

renovable. Por último, durante el año 2018, la SEPSE presentó la actualización de la encuesta de biomasa como insumo para su incorporación en la matriz energética del país. En el cuadro 3 se presenta una síntesis de los principales resultados reportados.

**Cuadro 3**

Descripción del inventario de biomasa del país derivado de la Encuesta.

Actividad Agrícola	Productividad	Actores	Distribución de la Producción	Oferta y potencial energético bruto	Usos
Caña de Azúcar	66 Ton/ha	13 Ingenios 7552 Productores	4 265 913 ton Brunca 7% Central 15% Choroteга 58% Huetar norte 11% Pacífico Central 9%	Bagazo	Bagazo
				1 066 748 ton húmedas anuales	99,0% Energético
				533239 ton secas anuales	0,1% Reestructurador del suelo
				9865 TJ/año	0,1% Alimento Animal 0,7% Otros
				Cachaza	Cachaza
				127 977 ton húmedas anuales	78% Reestructurador del suelo
				33 786 ton secas anuales	22% Composta
				541 TJ/año	
				Melaza	Melaza
				149 307 ton húmedas anuales	34% Alimento Animal
				74 653 ton secas anuales	66% Producción de alcohol
				727 TJ/año	0,2% Otros
				Rastrojo de Campo	
				1 848 562 ton húmedas anuales	
				554 569 ton secas anuales	
				9 666 TJ/año	
Piña	69 Ton/ha	61 Plantas empacadoras 550 Productores	2 758 593 ton Brunca 22% Huetar Atlántica 31% Huetar norte 47%	Rastrojo de Piña	No tiene un uso registrado se envía al campo
				5 517 186 ton húmedas anuales	
				717 234 ton secas anuales	
				10 163 TJ/año	
				Corona de Piña	30-40 % consumo animal
				8 276 ton húmedas anuales	60-70% se dispone en los alrededores de las
				1 076 ton secas anuales	empacadoras
				15 TJ/año	



Café	15 fanegas/ha	235	310 110 ton	Pulpa de café	Pulpa de Café
		Beneficios	Brunca 25%	129 006 ton	90% Composta
		50 000	Central 73%	húmedas anuales	6% Alimento de ganado
		Productores	Pacífico Norte 1%	24 511 ton	4% Sin uso
		activos		anuales	0% Energético
				389 TJ/año	
				Cascarilla	Cascarilla
				13 335 ton	0,4% Composta
				húmedas	0,8% Cama para caballeriza
				anuales	98,8% Energético
				11 868 ton	
				secas	
				anuales	
				213 TJ/año	
				Mucílago	Mucílago
				47 745 ton	71% Sin uso
				húmedas	26% A la pulpa que se
				anuales	composta
				9 072 ton	3% Restructurador de suelo
				secas	
				anuales	
				144 TJ/año	
				Leña de los cafetales	
				2 900 ton	
				húmedas	
				anuales	
				2 320 ton	
				secas	
				anuales	
				42 TJ/año	
				Leña en los	
				beneficios	
				77 719 ton	
				húmedas	
				anuales	
				62 175 ton	
				secas	
				anuales	
				1119 TJ/año	
Palma	11,8 Ton/ha	7 industrias	816 000 ton	Fibra del mesocarpio	90% Energético
Aceitera		de extracción	Brunca 70%	106 080 ton	10% Sin uso
			Huetar Atlántica	húmedas anuales	
			6%	66 830 ton	
			Pacífico Central	secas	
			24%	anuales	
				1 299 TJ/año	
				Cascarilla de Coquito	81% Energético
				40 800 ton	19% Sin uso
				húmedas	
				anuales	
				33 864 ton	
				secas	
				anuales	
				777 TJ/año	
				Fibra del Pinzote	14% Energético
				179 520 ton	25% Sin uso

				húmedas anuales 80 764 ton anuales 1 504 TJ/año	47% Composta 14% Restaurador de suelos
Aserrío de Madera	956.815 m <sup>3</sup> -r de madera	262 industrias de aserrío activas	956 815 Sm <sup>3</sup> Huetar Norte 36% Central 27% Huetar Atlántica 14% Chorotega 13% Brunca 6% Pacífico Central 2%	Leña de aserraderos 286 375 ton húmedas anuales 143 187 ton secas anuales 2 649 TJ/año	85% Energético 8% Sin uso 4% Composta 3% cama de ganado
				Aserrín 98 074 ton húmedas anuales 66 690 ton secas anuales 1 234 TJ/año	60% Energético 6% Sin uso 4% Composta 33% cama de ganado 1% Composta 3% Reestructurador del suelo
				Burucha 7 069 ton húmedas anuales 4 772 ton secas anuales 88 TJ/año	49,4% Energético 2% Sin uso 0,6% Composta 46,7% cama de ganado 0,5% Sustrato de viveros 1% Composta 0,8% Reestructurador del suelo
Arroz		11 Plantas arroceras 938 productores de arroz	68 432 Ton Central 16% Chorotega 54% Pacífico Central 30%	Cascarilla de arroz 68 432 ton húmedas anuales 59 536 ton secas anuales 919 TJ/año	35% Fuente de energía para secado de arroz 65% Se vende a intermediarios
				Rastrojo de campo de arroz 1 149 112 ton húmedas anuales 195 349 ton secas anuales 3 405 TJ/año	100% no se utiliza y se deja en el campo.
Banano		155 Empacadoras de Banano 155 Fincas	2 008 048 Ton Brunca 1% Huetar Atlántica 85% Huetar Norte 13% Pacífico Central 2%	Pinzote 321 288 ton húmedas anuales 18 635 ton secas anuales 276 TJ/año	86% Reestructurador de suelos 14% Composta/Abono

			Banano de rechazo	97% Alimentario
			228 917 ton	3% Composta/Abono
			húmedas anuales	
			34 338 ton	
			secas	
			anuales	
			398 TJ/año	
			Vástago y sistema	100% Restructurador de
			foliar	suelos
			5 631 600 ton	
			húmedas anuales	
			337 896 ton	
			secas	
			anuales	
			4997 TJ/año	
Avícola	758 granjas		Pollinaza	34% Restructurador de suelos
			450 063 ton	3% Composta
			húmedas anuales	63% Alimento Animal
			288 040 ton	
			secas	
			anuales	
			4593 TJ/año	
Porcícola		70% Región Central	Excretas	17% Energético
		30% Región Brunca	205 173 ton	83% Sin uso
			húmedas anuales	
			30 776 ton	
			secas	
			anuales	
			424 TJ/año	
Bovino Lechero		480 920	Excretas	2% Energético
			4 263 540 ton	25% Reestructurador de
			húmedas anuales	suelos
			852 708 ton	73% Sin uso
			secas	
			anuales	
			13 139 TJ/año	
Bovino de Carne		888 974	Excretas	5% Energético
			5 192 893 ton	95% Reestructurador de
			húmedas anuales	suelos
			1 038 579 ton	
			secas	
			anuales	
			16 223 TJ/año	

Fuente: elaboración propia con datos del inventario.

Como parte del estudio se determinó que el potencial energético bruto en base seca corresponde a 98 013 TJ/año mientras que solo la caña de azúcar y el ganado de carne presentan una fracción del potencial energético primario superior al 15% por lo que son

candidatas a acciones prioritarias. Actualmente cerca del 90% del uso energético de la biomasa este concentrado en la actividad azucarera, palma y madera. A pesar de la alta potencialidad de la caña de azúcar, no se ha logrado a la fecha, revisar la metodología tarifaria para generación con bagazo para su actualización, desaprovechando el conocimiento acumulado hasta el presente sobre esa industria de generación. Adicionalmente, el país ya cuenta con una metodología tarifaria para generación privada con residuos sólidos municipales aprobada por la Junta Directiva de la Aresep desde el año 2017.

A partir de la evaluación realizada por los consultores de la empresa Energynautics en el año 2017, se determinó que el sistema eléctrico de Costa Rica puede absorber cuotas elevadas de energías renovables variables sin mayores problemas técnicos.

### Contaminación del aire

Durante el año 2018, la red de monitoreo de la calidad del aire del área metropolitana operada por la Universidad Nacional y el Ministerio de Salud, con la participación de los gobiernos locales de San José, Belén y Escazú, reportó el incumplimiento en los niveles de dióxido de nitrógeno reportados para el 46% de sus sitios de medición en los cantones de San José y Belén, con respecto al valor recomendado por la OMS ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) según se indica en el cuadro 4. La regulación del flujo vehicular, las velocidades promedio de circulación de vehículos, así como el fortalecimiento de un modelo sostenible de transporte público que desfavorezca el uso de vehículos particulares, deben ser estudiados con miras a su implementación con el fin de reducir las emisiones de este contaminante.

#### Cuadro 4

Promedio anual de dióxido de nitrógeno registrado para los sitios de muestreo localizados en los cantones de San José y Belén 2018

Cantón	Localización del sitio	Promedio anual, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Costado norte de la catedral Metropolitana	58
	75 m este del AyA, Avenida San Martín	48
	50 m sur y 100 m este del MINAE, Barrio Francisco Peralta	29
	Detrás de la Iglesia Santa Teresita	31
	Costado sur del Tribunal Supremo de Elecciones	31
	Frente a JAPDEVA, avenida 9	57
	50 m oeste de la Iglesia de Barrio México	41
	200 m sur del Parque El Salvador, Barrio Pitahaya	39
	Frente al Hospital San Juan de Dios	69
	50 m este de bomba La Castellana	62
	150 m norte del Ferrocarril al Pacífico	47
	Barrio La Cruz, avenida 26 entre calles 13 y 15	33
	200 m sur de la Antigua Dos Pinos, Barrio Luján	31
	100 m sur de autos Gamboa, Barrio Córdoba	31
	Frente a Gollo, Zapote	55

San José	Abastecedor Los Sauces, San Francisco de Dos Ríos	27
	Faro del Caribe, San Francisco de Dos Ríos	55
	50 m este de la Iglesia Católica, Paso Ancho	47
	75 m sur de Walmart, San Sebastián	59
	Centro de Reciclaje Hatillo 3	34
	Escuela Jorge Debravo, Hatillo 8	30
	Iglesia del Perpetuo Socorro, Mata Redonda	37
	Costado sureste de la Plaza Santa Fe, Pavas	36
	100 m norte de carnes San Antonio, Lomas de Bibri Pavas	19
	Costado norte de la Nunciatura, Barrio Rohrmoser	33
	Escuela La Peregrina, La Uruca	19
	Autos JAC, La Uruca	35
	Costado este de la Numar, calle 24	48
	Belén	Antiguo Hotel Herradura
Residencial Cariari		24
Costado sur de la Plaza de Deportes de la Asunción		49
Costado norte de la Firestone		45
Frente al Hotel Marriot		24
Iglesia católica de la Ribera		26
Belén	Frente a la entrada de Ojo de Agua	44
	Polideportivo de Belén	31
	Centro Comercial Plaza Belén	54
	Costado norte de la Municipalidad de Belén	46
	Frente a Kimberly Clark.	30

Fuente: LAA-UNA 2019.

Por otra parte, en el cuadro 5 se muestran los valores promedio y desviaciones estándar de material particulado obtenidas para cada uno de los sitios de medición ubicados en el Área Metropolitana de Costa Rica durante el año 2018.

#### Cuadro 5

Promedio anual de material particulado PM10 y PM2,5 registrado para los sitios de muestreo localizados en el área metropolitana de Costa Rica 2018

Sitio de muestreo	Promedio anual PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio anual PM2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Catedral Metropolitana San José	21 ± 6	
Sección de Parques Municipalidad de San José	21 ± 7	
Centro de Reciclaje Municipalidad de San José, Hatillo	23 ± 7	
Compañía Nacional de Fuerza y Luz, La Uruca	28 ± 11	
Ministerio de Salud, Edificio Central		19 ± 7
Centro Comercial La Ribera	30 ± 8	
Rectoría de la Universidad Nacional, Heredia	38 ± 11	21 ± 9
Instalaciones de la UTN, Alajuela	24 ± 6	

---

Estación del Tren, Cartago

26 ± 12

---

Fuente: LAA-UNA 2019.

Al comparar los resultados obtenidos se puede observar que todos los sitios, presentan valores promedio anuales menores a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que es el límite máximo establecido para concentraciones anuales de PM10 en el Decreto 39951-S. Una situación un tanto diferente se presentan para las partículas finas (PM2,5), en donde ambos sitios de monitoreo registran valores superiores al límite máximo que está fijado en 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  según la normativa nacional para exposición crónica. Adicionalmente, los promedios registrados en 24 horas de muestreo para el 10 y 16% de los días muestreados en el Ministerio de Salud y la Rectoría de la UNA, respectivamente, incumplen la norma nacional para ese período, 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este último hecho resulta de vital importancia, ya que al igual que en años anteriores se sigue evidenciando la existencia de una problemática asociada a las partículas PM2,5 que como se mencionó anteriormente provienen principalmente de procesos de combustión, tanto a nivel de fuentes móviles como estacionarias.

En Costa Rica las principales fuentes fijas de emisión de contaminantes al aire son las calderas y hornos de tipo indirecto, debido a su uso intensivo en el sector productivo (industrial y comercial). Estas fuentes se caracterizan por ser relativamente antiguas (> 25 años en promedio) lo que dificulta su desempeño desde el punto de vista ambiental y de eficiencia, esto se traduce en la calidad de sus emisiones. Si bien los contaminantes producidos por estos sistemas se encuentran regulados a nivel nacional (partículas totales, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>), no se considera la peligrosidad de la composición química de las partículas generadas. Durante el año 2017, el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional presentó los resultados de un estudio para determinar el perfil de las emisiones de partículas finas según el tipo de fuente y combustible utilizado, focalizado en el Área Metropolitana de Costa Rica. Entre los principales resultados se encontró que el tamaño de partícula dominante fue la PM2,5, registrando las concentraciones más altas en fuentes de utilizaban combustibles biomásicos y las más bajas en diésel. Los niveles de metales más altos fueron para vanadio y níquel por el uso de búnker, mientras que manganeso y cobre dominaron en el uso de biomasa al estar presentes en el suelo. En cuanto a los iones, el sulfato y cloruro se encontraron en concentraciones más altas, especialmente en fuentes biomásicas. El contenido de carbono orgánico y elemental fue mucho más alto para el uso de biomasa con respecto a combustibles fósiles, lo cual puede estar relacionado a las condiciones del proceso de combustión. Al analizar la fracción orgánica, se identificó la presencia de los 7 hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) considerados como posibles cancerígenos humanos por la USEPA. Los cuales se encontraron en mayor proporción en las emisiones de quema de biomasa, con mayor presencia de los HAPs de más alto peso molecular. Estas conclusiones son de gran importancia, si se considera que para efectos de mitigación de cambio climático, se están generando políticas y planes que promueven el uso de biomasa en los procesos de calentamiento a nivel industrial, sin considerar los impactos que se pueden generar en la calidad del aire y salud de la población.

## Principales avances registrados en la implementación del VII Plan Nacional de Energía 2015-2030

De acuerdo con el último reporte presentando por el Ministerio de Ambiente y Energía y la Secretaría de Planificación del subsector energía, para cada uno de los 7 ejes estratégicos y 175 metas de corto plazo planteadas, se registra el nivel de avance reportado en el cuadro 6.

Cuadro 6

Estado de avance de las metas planteadas para el VII Plan Nacional de Energía

Eje	Número de metas	Finalizada	Satisfactorio	Necesidad de mejorar	Atraso crítico	Programada no iniciada
En la senda de la eficiencia energética.	52	10	17	6	16	3
En procura de una generación distribuida óptima.	8	8	0	0	0	0
En la ruta de la sostenibilidad de la matriz eléctrica.	32	13	6	4	9	0
En torno a la sostenibilidad del desarrollo eléctrico.	11	3	4	2	2	0
Hacia una flota vehicular más amigable con el ambiente.	27	11	5	7	4	0
Con miras a un transporte público sostenible.	10	2	3	3	1	1
En la ruta hacia combustibles más limpios.	35	13	8	6	6	2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En materia de eficiencia energética, se destacan los siguientes resultados:

- Se han ejecutado varias reuniones para reactivar la Comisión Nacional de Conservación de Energía, la cual cuenta con un borrador de reglamento que se encuentra en proceso de revisión.
- Se presentan atrasos significativos en la elaboración de una propuesta para modernizar el marco legal de la eficiencia energética (ley 7447)
- Instauración de la Dirección de Energía del MINAE, la cual fue dotada de 11 plazas que le permitirán cumplir con las funciones encomendadas por el Reglamento Orgánico del MINAE.
- No se ha logrado avanzar con la determinación de curvas de carga de los principales sectores de consumo debido a atrasos en la elaboración de los términos de referencia y contratación de una consultoría para tal fin.
- Se cuenta con una propuesta de "Mecanismos para la medición de impactos en el ahorro y la eficiencia" elaborada por la Universidad de Costa Rica.
- Se actualizó la lista de equipos exonerables incorporando nuevas tecnologías eficientes

- De los reglamentos técnicos para la eficiencia de equipos que se comprometieron en el plan, se ha finalizado el de refrigeración residencial, quedando pendientes: refrigeración comercial, cocinas eléctricas, iluminación, aires acondicionados, motores y calentadores eléctricos de agua.
- La Dirección de Energía del MINAE, cuentan con una propuesta de procedimiento para el otorgamiento de sello de eficiencia energética, sin embargo, está pendiente la formulación del reglamento técnico y la inscripción del sello.
- Se dispone de un portafolio de proyectos para la sustitución de equipos ineficientes, sin embargo, queda pendiente la implementación de alguna de las iniciativas identificadas.
- El Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos elaboró una guía técnica voluntaria sobre la eficiencia en el uso de agua y energía en edificaciones, pero es menester el desarrollo de incentivos reales para su aplicación.
- No se ha logrado una incorporación efectiva del tema en los planes de estudio del MEP, ejecutado únicamente acciones puntuales de capacitación a docentes y estudiantes.
- El estudio técnico de pérdidas eléctricas determinó que la gestión de estas será particular y específico para cada empresa distribuidora tomando en cuenta el costo/beneficio que demande su tratamiento.
- Cada empresa distribuidora cuenta con un plan de alumbrado público eficiente desde el año 2017 en correspondencia con las normas INTE 28-01-24:2016 e INTE 28-01-26:2016.
- No se presentan avances en la elaboración y emisión de una directriz de eficiencia energética para equipos de la cadena de la oferta.
- Se realizó un estudio de opciones para sistemas de almacenamiento de energía (hidrógeno, baterías, generación bombeo, otros) elaborado por la Universidad de Costa Rica.
- Se cuenta con un borrador pendiente de revisión técnica de estrategia nacional de redes inteligentes.
- Se encuentra en proceso de elaboración por parte de INTECO, un conjunto de normas técnicas para la certificación de servicios en eficiencia energética.
- Se han incorporado regulaciones de eficiencia para la adquisición de equipos en 4 de las 20 instituciones públicas de mayor consumo
- Está en proceso de redacción un acuerdo que se firmará entre ONU-Ambiente y el BCIE para la ejecución de un proyecto tendiente a la sustitución masiva de equipos ineficientes en el sector público.
- No se ha logrado el desarrollo de un estudio para determinar el impacto de la implementación de tarifas horarias en el sector residencial en cada una de las empresas distribuidoras.

En el tema de generación distribuida cada una de las empresas existentes cuenta con estudios técnicos y financieros sobre los impactos de la generación distribuida, además de una hoja de ruta que permite el avance en esta materia. A nivel legal, el decreto ejecutivo No 39220-MINAE del 8 de octubre de 2014 norma la modalidad contractual medición neta sencilla. Por su parte la Junta Directiva de la ARESEP, mediante la resolución RJD-030-2016, fijó la tarifa de acceso mediante resolución RIE-036-2016 publicada en el Alcance No. 46 de la Gaceta No. 61 del 30 de marzo 2016.



Desde el año 2016, el país cuenta con un Plan de Expansión de la Generación basado en energías renovables, sin embargo, se hace necesario que se concrete la actualización de este cada dos años, sobre todo por el hecho de que la demanda eléctrica continúa con un crecimiento deprimido. Durante el año 2018, no se registraron incrementos en la capacidad instalada producto de la entrada en operación de proyectos de generación a partir de energía renovable, mientras que el avance acumulado al I semestre del 2018 fue de 660 MW.

A lo largo del año pasado no se realizó la actualización del Plan Nacional de Transmisión como originalmente estaba planteado, dada la necesidad de poder coordinar los ciclos de planificación y entrega de información de Centro Nacional de Control de Energía (CENCE). El país cuenta con un acumulado de 231,6 km nuevos desde la entrada en vigor del plan sin que se reporten avances durante el año anterior. En este indicador, las empresas reportan los planes de expansión de distribución como una meta del Plan Nacional de Desarrollo, pero no existen planes de expansión de las redes de distribución de las empresas eléctricas distribuidoras.

Uno de los atrasos más importantes, se presenta en el tema sensible de la competitividad de los precios de la electricidad ya que continúa pendiente la realización de un diagnóstico integral de todos los aspectos que afectan el precio final de la energía y la definición de una base de indicadores de eficiencia operativa para las empresas del sector. Lo anterior a pesar de que existe implementado por parte de la Intendencia de Energía de ARESEP, un sistema de contabilidad regulatoria aplicable a los operadores públicos y cooperativas de electrificación rural que busca estandarizar la información de todas las empresas eléctricas del país.

### **Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050**

El acuerdo de París estableció una configuración de abajo hacia arriba donde cada uno de los países participantes es responsable de implementar contribuciones determinadas a nivel nacional, sobre la base de la comprensión de las dimensiones derivadas de las vías de desarrollo y sus implicaciones para las trayectorias de emisiones. Bajo esta dinámica, cada nación debe identificar de manera más precisa las opciones clave de descarbonización, a nivel nacional y sectorial, que permitan contribuir a la meta global de mantener el incremento de temperatura por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales.

El gobierno de Costa Rica, a través de la publicación del Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050, procedió a identificar las acciones seleccionadas a ejecutar para transformar el modelo de desarrollo y lograr una economía descarbonizada para el año 2050. Las acciones planteadas se presentan en tres etapas: a) etapa inicial (2018-2022), b) etapa de inflexión (2023-2030) y c) la etapa de despliegue masivo (2031-2050). A diferencia de otros países de la región, Costa Rica aplico un enfoque transformativo en lugar de uno incremental con lo cual se garantiza una contribución nacional que sí es compatible con la meta del Acuerdo de París. El plan responde al objetivo de convertir a Costa Rica en una economía emisiones netas cero en el 2050, a través del establecimiento de metas por sector en un plazo desde 2018 hasta 2050, trazando una ruta de transformación que permita migrar del estado actual al deseado identificando las condiciones de mercado y acciones tanto a corto como mediano plazo.

Además, se plantea que durante el proceso de ejecución del plan se deberán evitar las inversiones de vida útil larga que reducen emisiones, pero no en la magnitud requerida para el cumplimiento de los acuerdos del plan.

Uno de los sectores prioritarios para la descarbonización es sin duda el transporte. La demanda mundial de energía en este sector ha crecido, en promedio, aproximadamente un 2% anual desde 2005 y fue responsable del 23% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con la energía en 2015 (IEA, 2017). A nivel mundial se han planteado tres opciones para integrar fuentes de energía más limpias en el sector del transporte:

- Los biocombustibles líquidos que se derivan de cultivos o biomasa los cuales se pueden mezclar con derivados del petróleo. Sin embargo, existen amenazas para la producción de estos combustibles, dada la escasez de tierras cultivables y la competencia con los cultivos alimentarios (Connolly et al., 2014).
- El biogás o biometano que se puede producir a partir de materias primas como aguas residuales, estiércol, desechos orgánicos industriales y municipales o cultivos energéticos a través de un proceso microbiológico. Los vehículos de gas natural producen menos emisiones que los vehículos de combustión interna convencionales que utilizan diesel o gasolina e implican costos de combustible más bajos para los conductores (IEA, 2017).
- Electrificación del transporte a través del uso de baterías o electricidad para producir hidrógeno a través de la electrólisis. Los vehículos eléctricos (VE) usan una batería para almacenar la energía que necesitan, lo que les proporciona flexibilidad y elimina las restricciones de ruta de los vehículos electrificados directamente. En la actualidad, existen alternativas eléctricas para virtualmente todos los vehículos livianos disponibles comercialmente. Dado que las baterías están limitadas en cuanto a la cantidad de energía que pueden almacenar en relación con su peso, no son una alternativa viable para los vehículos pesados.

A nivel nacional, el plan de descarbonización presentado por el gobierno plantea la electrificación del transporte como la hoja de ruta para el sector, sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, la refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) posee una estrategia que busca el uso de combustibles menos intensivos en carbono como el caso del gas licuado de petróleo y el biodiesel. Ante estos escenarios valdría la pena buscar un punto intermedio que contemple la electrificación parcial de la flota (enfocada en vehículos livianos) y el uso de biocombustibles para unidades de carga pesada, dadas las condiciones previas requeridas para la comercialización y distribución del hidrógeno en el país. Otro factor que se debe considerar es que la antigüedad promedio de este segmento de la flota vehicular es mucho mayor a la media de la totalidad de los vehículos, lo que dificultaría bastante cualquier mejora tecnológica hacia la electrificación.

En esta materia resulta de vital importancia, que el Instituto Costarricense de Electricidad incluya en sus proyecciones de expansión, las variaciones que sobre la demanda pudieran tener los procesos de transición planteados como parte del Plan de descarbonización, así como el impacto que sobre la capacidad instalada en fuentes renovables tendrán los impactos derivados del cambio climático bajo los escenarios generados por el Instituto Meteorológico

Nacional. Lo anterior, con el fin de proyectar con claridad la capacidad real de sistema eléctrico nacional para asimilar los procesos de transición.

Otro aspecto que resulta fundamental de considerar es el precio de la electricidad en el país, donde se requiere actuar en el corto plazo para contener su crecimiento exponencial a través de mejoras operativas al sector eléctrico y el aprovechamiento de la capacidad instalada de manera más eficiente. Hasta tanto no se tomen acciones estratégicas en esta línea, se vislumbra una escaza participación del sector industrial y comercial en las hojas de ruta que visualizan la movilización de procesos que consumen energía hacia esta matriz. A nivel del sector industrial es importante que adicionalmente se realicen esfuerzos en la innovación de procesos que tienden a seguir trayectorias tecnológicas predefinidas a través de innovaciones incrementales destinadas a mejorar la productividad. Esta línea de trabajo se debe acompañar de políticas públicas que promuevan la existencia de fuentes de financiamiento accesibles y el establecimiento de colaboraciones de investigación público-privadas, así como los planes tecnológicos.

Cuadro 7

Resumen general de las acciones planteadas en el Plan Nacional de Descarbonización

Fuente de Emisiones	Categorías	Subcategorías	Retos	Ejes de la descarbonización	Acciones 2018-2022	Acciones 2023-2030	Acciones 2031-2050
Energía	Transporte	Transporte Público	-Sistema ineficiente debido a la falta de pago integrado, rutas desalineadas a la demanda, y un sistema descoordinado.	1. Desarrollo de un sistema de movilidad basado en transporte público seguro, eficiente y renovable, y en esquemas de movilidad activa.	<p>Modernizar transporte público y crear un sistema integrado e intermodal.</p> <p>Promover la descarbonización del sector transporte público a través de la electrificación y adopción de tecnologías cero emisiones.</p> <p>Fomentar esquemas de desarrollo urbano bajo en emisiones mediante la Integración del enfoque de “desarrollo orientado al transporte” en instrumentos de planificación y gestión del territorio</p>	<p>Profundizar la modernización del transporte público.</p> <p>Implementar plan transformativo para escalar transporte público urbano cero emisiones</p> <p>Elaborar una visión transformativa a escala para el transporte público rural de cero emisiones.</p> <p>Intensificar actuaciones en Movilidad Sostenible</p> <p>Innovar y crear capacidades de integración y gestión para un sistema intermodal de calidad.</p> <p>Diseñar e implementar estrategia de financiamiento a escala,</p>	<p>Consolidar modelos de ciudades resilientes y orientadas a cero emisiones.</p> <p>Desplegar proyectos a escala, cero emisiones, en transporte público Y movilidad compartida.</p> <p>Adaptación a retos demográficos</p> <p>Ejecutar con flexibilidad ante nuevos modelos de negocio y otros cambios disruptivos.</p>

				aprovechando liderazgo internacional en descarbonización y transporte sostenible	
Vehículos livianos	-La edad promedio de los vehículos es de 15 años. -Revertir la fuerte tendencia hacia el uso de vehículos particulares sobre el transporte público. La flota privada consume 50% del total de energía usada en el sector transporte comparada con el 10,13% que consume el transporte colectivo	2. Transformación de la flota de vehículos ligeros a cero emisiones, nutrido de energía renovable, no de origen fósil.	<p>Acelerar la transición de la flota de vehículos hacia tecnología cero emisiones</p> <p>Mejorar eficiencia de flota de combustión</p>	<p>Impulsar paridad de precio e implementar políticas para desincentivar y reducir la compra y el uso de vehículos de combustión interna.</p> <p>Fortalecer el despliegue masivo de una red eléctrica inteligente.</p> <p>Masificar planes de financiamiento y seguros favorables a la compra de vehículos cero emisiones</p> <p>Establecer normativa para que las adquisiciones de vehículos livianos del Estado sean eléctricos o cero emisiones.</p> <p>Implementar programas para impulsar un</p>	<p>Consolidar el proceso de escalamiento de la adopción de tecnología:</p>

mercado atractivo de adopción temprana de tecnologías cero emisiones.

Masificación de programas sectoriales de electrificación.

Fortalecer educación de los usuarios.

Transporte carga pesada y liviana	<p>-Edad promedio de los vehículos es de 22 años</p> <p>-Representa el 36.5% del consumo total de energía del sector transporte.</p> <p>-El sector representa 15% de la flota vehicular, pero está excluido de las obligaciones del Decreto que desde 2016 regula las emisiones del transporte.</p> <p>-El transporte de carga pasa por regulaciones</p>	<p>3. Fomento de un transporte de carga que adopte modalidades, tecnologías y fuentes de energía cero emisiones o las más bajas posibles.</p>	<p>-Consolidar programa de logística de carga para la reducción de emisiones</p> <p>-Promover la eficiencia tecnológica en el sector transporte de carga pesada y liviana</p>	<p>-Aprobar un estándar (norma técnica) de eficiencia y reducción de emisiones de carbono y contaminantes criterio para camiones de carga con un calendario y metas intermedias.</p> <p>-Desarrollar enfoque de logística avanzada con el fin de reducir las toneladas-kilómetro</p> <p>-Elaborar estudios de viabilidad financiera y tecnológica para la electrificación del transporte de carga</p>	<p>Implementar estrategia de financiamiento a escala para la transformación.</p> <p>Acciones de despliegue, entre ellas regulaciones, incentivos, procesos de información y financiamiento consolidado bajo el supuesto que las tecnologías cero emisiones para transporte de recarga sean viables en esta etapa.</p>
-----------------------------------	--	---	---	---	---

centroamericanas

mediante vehículos de hidrógeno en el corto y mediano plazo.

-Implementar proyectos piloto con tecnologías alternativas.

-Electrificación e Hidrógeno para transporte de carga.

-Formalizar un diálogo centroamericano para generar análisis comparativos que permitan evaluar con datos las preocupaciones competitivas.

Sistema eléctrico	Sector Comercial y Residencial	Mejorar la eficiencia energética de las edificaciones en materia de iluminación, ventilación, cocción, aire acondicionado, etc.	la 4. Consolidación del sistema eléctrico nacional con capacidad, flexibilidad, inteligencia, y resiliencia necesaria para abastecer y gestionar energía renovable a costo competitivo.	Promover la modernización del sistema eléctrico para enfrentar los retos derivados de la descarbonización, digitalización, y descentralización en la producción eléctrica. Promover la eficiencia energética	-Implementar estrategias para la electrificación y digitalización de los distintos sectores de la economía, que incluya escenarios y rutas de inversión flexibles. -Fortalecer el programa de diversificación renovable con visión	-Implementar estrategias para consolidar el proceso de transición energética. -Ajustar planes de inversión que permitan adecuaciones a disrupciones tecnológicas.
-------------------	--------------------------------	---	---	--	---	--

		<p>hacia el 2050, en función de la demanda proyectada y los costos.</p> <p>-Incrementar las inversiones para masificar la electro-movilidad cero emisiones en el transporte de pasajeros, carga y vehículos livianos.</p> <p>-Realizar las inversiones en transmisión y distribución que permitan el desarrollo de distintos modelos de generación y gestión de la demanda.</p>	<p>-Continuar las inversiones para satisfacer la demanda eléctrica, manteniendo una matriz diversificada y renovable baja en emisiones.</p> <p>-Mantener una vigilancia tecnológica e innovación, que permita la implementación de nuevos modelos bajos en emisiones.</p>
5. Desarrollo de edificaciones de diversos usos (comercial, residencial, institucional) bajos estándares de alta eficiencia y	-Fortalecer las normas, estándares e incentivos para la implementación efectiva de prácticas de construcción sostenible en edificaciones y otras infraestructuras	<p>-Implementar estrategias de financiamiento para consolidar el proceso de transición energética</p> <p>Reforzar capacidad de gestión para la aplicación</p>	<p>Sistema de Compras Públicas del Estado da señales claras al mercado y opera bajo parámetros de cero emisiones.</p> <p>Se establece un fortalecimiento de</p>



<p>procesos de bajas emisiones.</p>	<p>-Mejorar las prácticas de operación de edificaciones existentes y otra infraestructura de manera que se reduzca significativamente su impacto en emisiones de GEI</p>	<p>de estándares-normas técnicas y etiquetado en áreas de urbanismo, edificaciones nuevas, edificaciones existentes, equipos y dispositivos.</p> <p>-Establecer elementos fiscales y de financiamiento al consumidor</p> <p>-Aplicar escalamiento de proyectos y programas, alineados con el Sistema de Compras Públicas.</p> <p>-Promover diseño e implementación de un sistema de MRV para construcción sostenible en proyectos tanto privados como públicos y el establecimiento de una entidad que centralice los datos que se deriven de éste.</p>	<p>elementos fiscales, de transición justa, y de financiamiento al consumidor para darle acceso masivo a tecnologías eficientes</p>
-------------------------------------	--	---	---

<p>Industria</p>	<p>Energía</p>	<p>-Electrificar aquellos usos</p>	<p>6.Transformación del sector industrial</p>	<p>-Impulsar el proceso de transformación tecnológica</p>	<p>-Implementar las rutas tecnológicas de largo</p>	<p>-Implementar y actualizar estrategia</p>
------------------	----------------	------------------------------------	---	---	---	---

<p>energéticos que tengan opción técnica de hacerlo -Buscar fuentes alternativas a los combustibles fósiles para aquellos procesos que no puedan ser electrificados</p>	<p>mediante procesos y tecnologías que utilicen energía de fuentes renovables u otras eficientes y sostenibles de baja y cero emisiones.</p>	<p>de bajas emisiones del sector industrial  -Impulsar el desarrollo y consumo de productos y servicios bajo modelos de economía circular</p>	<p>plazo, con programas claros de sustitución cuando se requiere disminuir actividades en un sector que se podrán suplir por otro.  -Consolidar mecanismos de asistencia técnica, transferencia tecnológica, y mecanismos de financiación, para impulsar inversiones en innovaciones y mejores prácticas en los diversos subsectores industriales  -Implementar nuevos programas de eficiencia a los equipos industriales del país.  -Acordar esquema de reporte y monitoreo con autoridades relevantes para alimentar entre otros el SINAMECC</p>	<p>de financiamiento a escala para la transformación del sector industrial.  -Implementar y actualizar rutas de inversión para asegurar la modernización, transformación, y descarbonización del sector.</p>
---	--	---	--	--

---

Procesos	Sustitución de procesos e incluso
----------	-----------------------------------

	de productos					
Residuos	-Fomentar la captura de metano en rellenos sanitarios -Potenciar la separación, valorización y tratamiento de residuos orgánicos -Promover cambios de comportamiento en la ciudadanía	7. Desarrollo de un sistema de gestión integrada de residuos basado en la separación, reutilización, revalorización, y disposición final de máxima eficiencia y bajas emisiones de gases de efecto invernadero.	-Políticas que promuevan la gestión integral de residuos baja en emisiones y economía circular -Robustecer la gestión efectiva de las aguas residuales -Crear condiciones habilitadoras para mejorar la gestión integral de los residuos sólidos y líquidos tanto a nivel residencial como empresarial	-Implementar Fase I de NAMA Residuos -Impulsar la implementación de Planes de Gestión de Residuos Municipales y el establecimiento de Programas de Reciclaje en Municipalidades mediante pilotos. -Determinar requerimientos de gobernanza y fortalecimiento institucional necesarios para el éxito de dichos planes, antes de financiarlos e implementarlos.  - Mejorar la disponibilidad de datos del sector  -Impulsar inversiones piloto en instalación de Centros de	-Consolidar estrategia de financiamiento para escalar inversiones -Masificación en uso de tecnologías más efectivas y consistentes con parámetros ambientales y trayectoria cero emisiones	

Recuperación y de Transferencia regionales que faciliten la GIR por tipo.

-Evaluar y promover uso de instrumentos económicos, vincular sectores bajo enfoque de economía circular con revalorización residuos no orgánicos.

-Impulsar campañas de educación y concientización de la generación y manejo de residuos.

<p>Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo (AFOLU)</p>	<p>Agricultura</p> <p>Pasar de acciones centradas en dos subsectores (café y ganadería) a un enfoque sectorial.</p>	<p>8. Fomento de sistemas agroalimentarios altamente eficientes que generen bienes de exportación y consumo local bajos en carbono.</p>	<p>-Desarrollar procesos de innovación en la cadena de valor de productos prioritarios que faciliten la generación de bienes agropecuarios descarbonizados</p>	<p>-Consolidar una estrategia nacional de descarbonización del sector agropecuario, es decir, que incluya el eje 8 (agricultura) y el eje 9 (ganadería).</p> <p>-Implementar Fases de Escalamiento de NAMAs.</p>	<p>Escala y transformación para una agricultura altamente productiva por unidad de producción, baja en carbono, resiliente y que contribuya a la bioeconomía costarricense.</p>
---	---	---	--	--	---

					-Contribuir desde un sector agropecuario bajo en emisiones a la transición hacia una Bioeconomía que se basa, entre otros aspectos, en el uso directo y la transformación sostenible de recursos biológicos
Ganadería	Eliminar el conjunto de barreras existentes para el escalamiento de la Estrategia de ganadería baja en carbono y el programa NAMA	9. Consolidación de modelo ganadero eco-competitivo basado en la eficiencia productiva y disminución de gases de efecto invernadero.	1. Impulsar que el sector ganadero contribuya a la descarbonización mediante el uso prácticas eficientes y la captura de carbono en fincas, la protección de servicios ecosistémicos y la generación de resiliencia.	-Consolidar una ruta sectorial alineada con los objetivos del NDC y del Acuerdo de París.  Evaluar el modelo “NAMA Ganadería Bovina” como instrumento de mitigación (por ejemplo, modelo de financiamiento, costo de las tecnologías climáticas y gobernanza).	-Estrategia de financiamiento a escala.  -Proyectos transformación a escala para consolidar una ganadería eco-competitiva, densificada, baja en carbono y libre de deforestación que abarque todo el territorio nacional.  -En función de la evaluación, revisar y actualizar la Estrategia para la Ganadería baja en Carbono en Costa

Rica (2015-2034).

-Iniciar segundo escalamiento, para beneficiar inicialmente a 10.000 fincas adicionales, cubriendo finalmente alrededor de un 33% del universo de fincas ganaderas.

4. Estudiar las opciones tecnológicas de manejo de la alimentación y reducción de la metanogénesis; el manejo de excretas y aguas

Deforestación y absorción	Fortalecimiento de la gestión institucional en pro de la protección de la biodiversidad	10. Consolidación de un modelo de gestión de territorios rurales, urbanos y costeros que facilite la protección de la biodiversidad, el incremento y mantenimiento de la cobertura	1. Implementar la Estrategia REDD+ para fomentar la reducción de emisiones por deforestación, degradación evitada y conservación de bosques y ecosistemas tanto en zonas rurales como urbanas 2. Fomentar la protección,	-Implementar Fase de Escalamiento de Estrategia REDD+.  -Consolidar sinergias entre las estrategias de las tres convenciones (cambio climático, biodiversidad, degradación de suelos). Implementar proyectos con enfoque	-Elaborar estrategia de financiamiento a escala.  -Despliegue de proyectos a escala.
---------------------------	---	--	---	--	--

forestal y servicios ecosistémicos a partir de soluciones basadas en la naturaleza restauración y gestión de otros ecosistemas altos en carbono en las tres convenciones.

- Implementar Proyecto Paisaje Urbano con Redes Ambientales, Peatonales y Ciclísticas.
- Fomentar involucramiento de Municipalidades en los procesos de manejo de paisaje de los corredores biológicos y ribereños

---

Fuente: elaboración propia, 2019.

## **Bibliografía**

- Comisión de Hidrógeno (2018). Plan de acción interinstitucional para propiciar el uso del hidrógeno en el sector transporte. San José, Costa Rica.
- Connolly, D., Mathiesen, B.D., Ridjan, I. (2014). A comparison between renewable transport fuels that can supplement or replace biofuels in a 100% renewable energy system. *Energy*, 73, 110-125.
- Energía, medio ambiente y desarrollo (2018). Actualización de la encuesta de biomasa como insumo para su incorporación en la matriz energética de Costa Rica. Informe Final, San José.
- Gobierno de Costa Rica (2018). Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050. Ministerio de Ambiente y Energía, Gobierno de Costa Rica.
- Gobierno de Costa Rica (2018). Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030. Ministerio de Ambiente y Energía, Gobierno de Costa Rica.
- Herrera, J., Rojas, J.F., Mujica, V., Solorzano, D., Beita, V. (2017). Chemical characterization of filterable PM2.5 emissions generated from regulated stationary sources in the Metropolitan Area of Costa Rica. *Atmospheric Pollution Research*, 8(4), 709-717.
- ICE (2018). Generación privada no abarata las tarifas eléctricas. Comunicado de Prensa. San José Costa Rica.
- ICE (2019). Plan de expansión de la generación eléctrica 2018-2034. Instituto Costarricense de Electricidad, San José.
- IEA (2017). Key World Energy Statistics 2017. Paris, France
- Laboratorio de Análisis Ambiental, UNA (2019). Informe de Calidad del Aire Área Metropolitana 2017-2018. Heredia
- MINAE (2018). Hoja de ruta de tecnología solar para calentamiento de agua, calefacción y refrigeración de ambientes en Costa Rica al 2030. Ministerio de Ambiente y Energía, San José.
- MINAE (2018). Hoja de ruta de tecnologías con base en residuos de biomasa para generación de energía térmica en el sector industrial en Costa Rica al 2030. Ministerio de Ambiente y Energía, San José.
- OLADE (2018). Panorama energético de América Latina y el Caribe 2018. Organización Latinoamericana de Energía, Quito.