

Taller de Misión Crecimiento Verde

Documento de Contexto

Síntesis de los entregables No. 1 y 2 del estudio en desarrollo de Enersinc para la Misión de Crecimiento Verde



WORLD BANK GROUP



Korea
Green Growth
Trust Fund



DNP Departamento
Nacional
de Planeación



MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE



enersinc

Contexto y Barreras de Penetración

A partir de junio de 2017, con el apoyo del Banco Mundial, el equipo de consultoría de Enersinc se encuentra desarrollando un estudio para caracterizar la situación actual, identificar los retos, evaluar y hacer propuestas respecto a los objetivos de la Misión de Crecimiento Verde (MCV) del Gobierno Nacional en el Eje Estratégico de Energía.

Dentro de las actividades a desarrolladas en los primeros dos entregables se encuentran el análisis y la síntesis de 32 estudios previos, la identificación de barreras de penetración de fuentes no convencionales, el análisis de las políticas actuales, los requisitos técnicos, la caracterización del consumo y la proyección de escenarios. Adicionalmente, el proyecto integra el “Taller Diagnóstico Y Priorización Energía En El Marco Del Crecimiento Verde” y un entregable final con recomendaciones, propuestas e indicadores de seguimiento a las acciones relacionadas a la MCV.

“La penetración de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable y Movilidad eléctrica en Colombia es de las menores de América Latina”

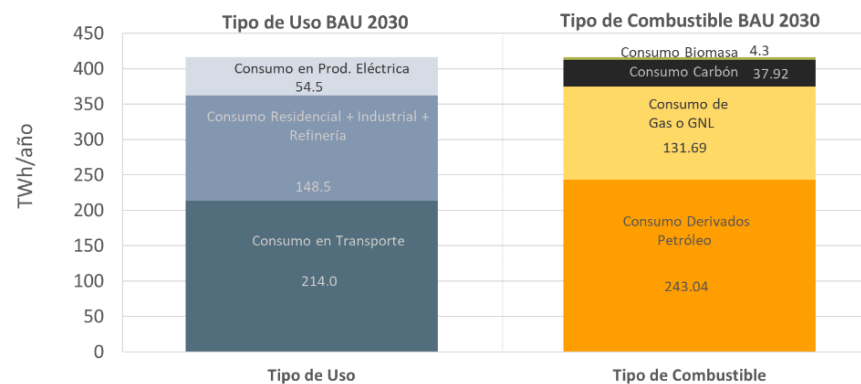
1

Contexto

Colombia ha asumido cada vez con más seriedad el compromiso de disminuir el aporte en la emisión de gases de efecto invernadero (EGEI), a pesar de ser un país que contribuye con no más del 0,42% del total global de EGEI, bajo la premisa que la responsabilidad nacional es aportar a un problema global que afecta a toda la humanidad y que solo si todos los países contribuyen en este esfuerzo será posible reducir el impacto del cambio climático en el futuro.

Respecto a este compromiso, la mayoría de los países han tomado acciones para la reducción del consumo de combustibles fósiles del lado de la demanda y la penetración de nuevas Fuentes No convencionales de Energía Renovable (FNCR) del lado de la oferta. En el caso de Colombia, la proyección del escenario base o “Business as usual” (BAU) para 2030 refleja una alta dependencia de los combustibles fósiles para la demanda de transporte e industrial.

Ilustración 1. Balance de Energía Eléctrica BAU 2030
Proyección BAU 2030 - Consumo de Combustibles Fósiles por Uso y Tipo

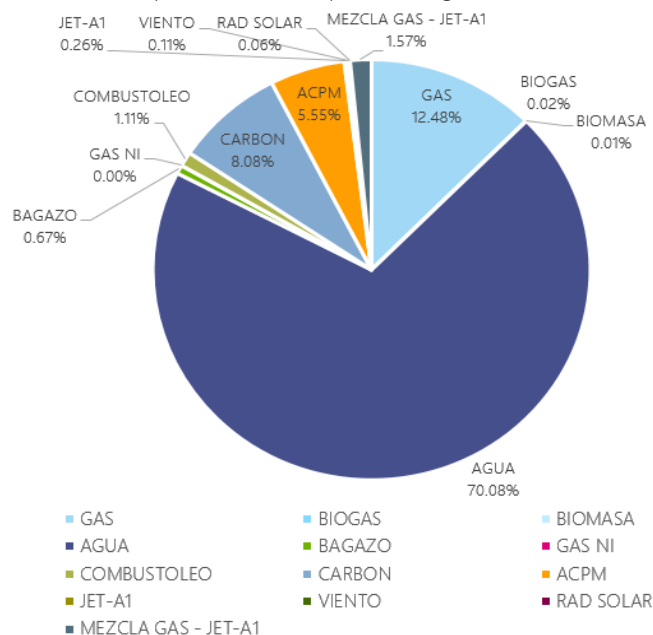


Fuente: Elaboración Propia. Proyección de Combustibles Líquidos UPME 2016

En la ilustración, se presenta del lado izquierdo la demanda de energía total clasificada en los macro sectores más relevantes, transporte, residencial e industrial y producción de energía eléctrica. Del lado derecho se presenta el balance de fuentes fósiles primarias de combustible con el que se supliría esta demanda en 2030.

Este panorama refleja una fuerte dependencia de los combustibles fósiles para atender la demanda del sector transporte, residencial, industrial, e incluso en el sector de producción de energía eléctrica, donde se cuenta con una gran porción de capacidad hidráulica convencional.

Ilustración 2. Capacidad Instalada por tecnología en la matriz eléctrica



Fuente: UPME

Aunque, de la anterior ilustración, se observa que la matriz de capacidad de generación eléctrica colombiana muestra un alto componente hidráulico que

hace parte de energías renovables, las FNCER, solo representan una porción muy pequeña en la matriz eléctrica.

La tendencia mundial, en cambio, está alcanzando altos niveles de penetración, en comparación a la penetración de FNCER en Colombia:

- La capacidad instalada total de plantas eólicas, solares FV, PCH's (menores de 10 MW), pasó de 337.125 MW en el 2010 a 906.743 MW en 2016, con un crecimiento en el período del 269%.
- De la capacidad instalada total de este tipo de plantas en 2016, el 50% corresponden a plantas eólicas terrestres y el 32,1% a plantas solares FV.
- La tecnología con mayor crecimiento en el período fue la solar FV con 744%.

Del lado de la demanda, también existe en Colombia una baja implementación de tecnologías en los sectores industrial y transporte, que reemplacen el consumo de combustibles fósiles. Este último, es el uso final que más consumo de combustibles requiere para 2030, sin embargo, actualmente menos del 0.01%¹ utiliza electricidad como combustible. Esta participación de la electricidad en transporte es prácticamente nula, en comparación con otros países de la región, como Chile (3%²) y México (2%³), y más aún con relación a países como China (4%⁴) donde además se está analizando la posibilidad de prohibir por completo los vehículos con combustibles fósiles.

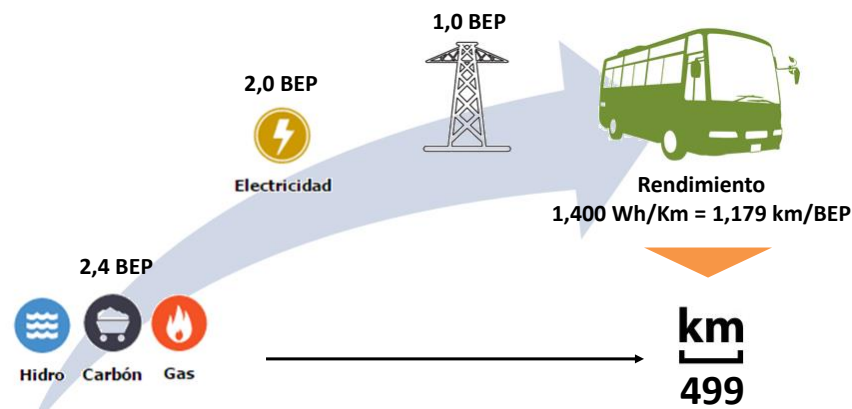
¹ En el BAU basado en UPME 2014 -2028 Corresponde al metro de Medellín, el tren de Paz del Rio y una pequeña flota de buses, taxis y vehículos particulares

² Balance Nacional de Energía 2015- Ministerio de Minas y Energía de Chile

³ <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/transportation.pdf>

⁴ Key China Energy Statistics 2017

Ilustración 3. Ciclo de producción/consumo de BEP para transporte público - Eléctrico



Fuente: Elaboración Propia. Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional, Universidad de los Andes.

La movilidad eléctrica, corresponde a una de las implementaciones con mayor impacto positivo a nivel de eficiencia, emisiones y otros tipos de contaminación. Un sistema de transporte masivo eléctrico puede recorrer 499 km con un BEP mientras que uno con ACPM puede recorrer sólo 270 km⁵.

A partir de lo expuesto, podemos establecer que el contexto internacional y nacional es favorable para el desarrollo de proyectos de FNCER para la generación eléctrica en el país. Sin embargo, como plantearemos más adelante existen aún varias barreras institucionales, regulatorias, económicas y tecnológicas que dificultan el despegue de estos proyectos, como sería deseable desde la perspectiva del crecimiento verde.

⁵ Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional, Universidad de los Andes – Ministerio de medio ambiente estudio de costos de abatimiento capitulos sectoriales Transporte - 2014.

Barreras de penetración de las FNCER

Para fomentar el desarrollo de las FNCER y tecnologías más eficientes en Colombia, es necesario identificar cuáles son las barreras que han impedido alcanzar una mayor tasa de penetración en los últimos años, y que deberían superarse si Colombia quiere alcanzar las metas trazadas al 2030.

Para el caso de Colombia, se han tipificado las diferentes barreras que impactan el desarrollo de proyectos de FNCER, que se resumen de la siguiente manera:

Barreras institucionales

- **Intervención de muchas instituciones.** Muchos trámites en los cuales participan diversas entidades con orientaciones diferentes sobre la importancia y necesidad del proyecto hacen difícil la ejecución de un proyecto de generación de FNCER.
- **Desarticulación institucional.** Mientras en algunas entidades gubernamentales existe una visión favorable a la instalación de FNCER, en otras aún subsisten dudas, lo cual lleva a demorar decisiones que podrían favorecer el desarrollo de estos proyectos.
- **Falta liderazgo institucional.** Respecto al tema de FNCER ha hecho falta liderazgo institucional por parte del MME, en el sentido de definir, promover y desarrollar las políticas que faciliten la entrada de FNCER.
- **Los Operadores de Red no están interesados en conectar a terceros.** En el caso particular de pequeñas plantas fotovoltaicas, los Operadores de Red ven su instalación como una amenaza para sus ingresos, en la medida en que se dejen de usar sus redes.
- **No se perciben como importantes las FNCER.** Colombia en los foros internacionales ha asumido la posición de defender la matriz energética como una matriz limpia, basada en fuentes renovables, dada la importancia de las plantas hidroeléctricas en el parque generador (69,97% de la capacidad efectiva).
- **Articulación de políticas nacionales con políticas locales** Especialmente en movilidad y edificaciones hace falta que los incentivos propuestas en la política

nacional para eficiencia, vehículos y edificaciones se trasladen a beneficios en la política local.

- **Las políticas de compras de las entidades estatales están en función del precio más no de la eficiencia:** Desarticulación entre las políticas de eficiencia energética y las políticas de adquisición de bienes y servicios por parte de las entidades estatales.

Barreras económicas

- **Percepción de altos costos.** Los costos de las FNCER han descendido en los últimos años, especialmente en el caso de los PFV y de las turbinas eólicas, pero en muchos casos y en especial para pequeños emprendimientos, como en el sector residencial y comercial, todavía la inversión inicial tanto de paneles como en turbinas puede ser elevado. Y aunque en muchos mercados la FNCER ya son competitivas con las fuentes tradicionales, aún existe la percepción generalizada que estos costos siguen siendo elevados.
- **Remuneración (cargo por confiabilidad).** En proyectos de plantas mayores, el cargo por confiabilidad para los proyectos solares y eólicos actualmente es muy bajo, lo cual dificulta la financiación de estos proyectos en condiciones favorables en tasas y plazos
- **Dificultades en el financiamiento (percepción de riesgo).** El hecho de que estas tecnologías no sean suficientemente conocidas en Colombia hace que la percepción de riesgo por parte de las entidades financieras sea mayor, lo cual dificulta el financiamiento de los proyectos.
- **Condiciones del mercado.** Es indudable que en el mercado de generación en Colombia existe una alta concentración y algunas empresas que tienen un poder dominante en el mercado. Este hecho dificulta la entrada de nuevos agentes que compitan con los existentes en el mercado mayorista
- **No valoración de externalidades positivas.** Una de las principales ventajas de las FNCER es su bajo impacto ambiental (externalidad positiva) en la medida en que no existen gases de efecto invernadero. No obstante, esta ventaja, no se traduce en beneficios económicos importantes.
- **Altos costos transaccionales.** Los costos que representan el desarrollo de proyectos de generación y otros costos de transacción, tales como estudio de factibilidad, estructuración financiera, obtención de licencias y permisos, diseño y licitaciones para construcción, interconexión, negociación con proveedores y de acuerdos de venta, no son sustancialmente diferentes en Colombia para las energías no convencionales comparados con las energías convencionales.

- **Costos de implementación en infraestructura:** El desarrollo de las tecnologías desde la demanda representan costos importantes algunas de ellas todavía son muy costosas compradas con sus contrapartes convencionales.

Barreras regulatorias

- **Definición del cargo por confiabilidad.** Con referencia a la remuneración de las FNCER, sería importante que se revisara la metodología de cálculo de la ENFICC, de manera que se reconociera la firmeza que aportan las energías renovables no convencionales al sistema durante períodos críticos de suministro, por complementariedad con los ciclos climáticos y con otros recursos de generación.
- **No hay contratos de largo plazo.** Al no contar las FNCER (solar y eólica) con un Cargo por Confiabilidad representativo, una solución para hacer financierables este tipo de proyectos sería con contratos de largo plazo que garantizaran ingresos futuros y facilitarían su financiación.
- **Tratamiento de las desviaciones en el despacho.** Un punto que necesita definición es el tratamiento de la generación variable respecto al riesgo de desviaciones del despacho programado y la exposición a las penalizaciones asociadas.
- **No hay regulación para venta de excedentes en Generación distribuida.** En gran medida no existe un modelo regulatorio definido para la generación distribuida y la actuación de los “prosumidores” en el mercado de energía.
- **Procedimiento complejo para obtención de licencias ambientales.** A pesar de que las FNCER son energías limpias con bajo impacto ambiental, el procedimiento para obtener licencia es el mismo que el de una planta convencional, con el agravante que la autoridad ambiental no ha elaborado unos términos de referencia para los estudios ambientales específicos para estas tecnologías.
- **No existe medición bidireccional.** La ausencia de reglas para instalar medición bidireccional impide medir los flujos de energía que entran y salen en una instalación que tiene generación propia, lo cual no permite el intercambio económico razonable de los costos de la energía inyectada al usuario y la energía inyectada a la red.
- **Normatividad técnica para conexión de plantas de FNCER.** El Código de Operación en Colombia fue expedido por la CREG en 1995 y en él se definen los requerimientos técnicos para la conexión y operación de plantas de generación al sistema interconectado nacional y, como es lógico, se hizo pensando en las tecnologías existentes en la época.

- **Falta de Normatividad del lado de la demanda:** Propiedad de la infraestructura y remuneración, Tarificación horaria, Conexión y remuneración de la generación distribuida, Contratos de respaldo, Remuneración actividad de distribución, reglamentos de conexión, Mercado de comercialización minorista y Respuesta de la demanda.

Barreras tecnológicas

- **Falta de personal capacitado.** La demora que el país ha tenido, con respecto a otros países del mundo, desarrollados y no, ha hecho que no se hayan preparado las condiciones para tener personal capacitado en las diferentes tecnologías de las FNCER.
- **Infraestructura de transporte.** Aunque existe un trato uniforme para toda la generación, la conexión de proyectos de renovables puede requerir refuerzos importantes a la red de transmisión, por la distribución y concentración en zonas del país.
- **Infraestructura de medición y recarga:** La medición y la infraestructura de recarga son necesarias para el desarrollo de las tecnologías desde la demanda.
- **Información de consumos:** No hay información suficiente en los consumos y usos finales de energía.

Otras barreras

- **Falta de medición del recurso potencial.** Si bien la UPME ha hecho esfuerzos por medir el potencial de generación eólica en el país y ha elaborado un mapa de radiación solar, aún falta mucha información confiable con mediciones adecuadas de velocidad del viento y radiación en todo el territorio.
- **Impacto en el sistema de alta penetración de FNCER.** Cabe señalar que la adición significativa de generación de tipo variable requerirá a futuro mayores recursos de reserva y flexibilidad en el sistema, probablemente incluyendo equipos de almacenamiento de energía, con sus costos asociados. También en la medida que se presente una mayor penetración de generación renovable no convencional en el sistema debe analizarse el impacto en el equilibrio económico del mercado.

Análisis de políticas de promoción de las FNCER

Políticas Actuales y Proyección de Escenarios

En esta segunda parte se listan las políticas actuales para la promoción de las FNCER y se presentan los escenarios de penetración proyectados.

“Sólo el escenario con alta penetración de movilidad eléctrica permite una reducción significativa de las emisiones de CO₂ (23.2%) de la proyección base.”

2

En materia regulatoria si se identifica la necesidad de un mayor desarrollo, dado que la regulación actual se ha basado en la utilización de recursos convencionales. Así es necesario considerar y reglamentar aspectos específicos para la integración de la generación con FNCER, de manera que no se constituyan en obstáculos para su utilización y el desarrollo de proyectos de este tipo. Entre estos temas se incluyen los siguientes: definición de requisitos de conexión y operación, tratamiento de la generación variable en el despacho, cálculo de la firmeza de proyectos de ERNC para el cargo por confiabilidad, mecanismos de contratación de largo plazo, expansión de la transmisión,

costos de integración, mecanismos de respuesta de demanda y tratamiento de la generación distribuida.

En la siguiente ilustración, se presentan los mecanismos que promueven o reglamenten las FNCER en Colombia, en orden cronológico.

Ilustración 4. Listado de políticas actuales para la promoción de FNCER



Escenarios de penetración de FNCER

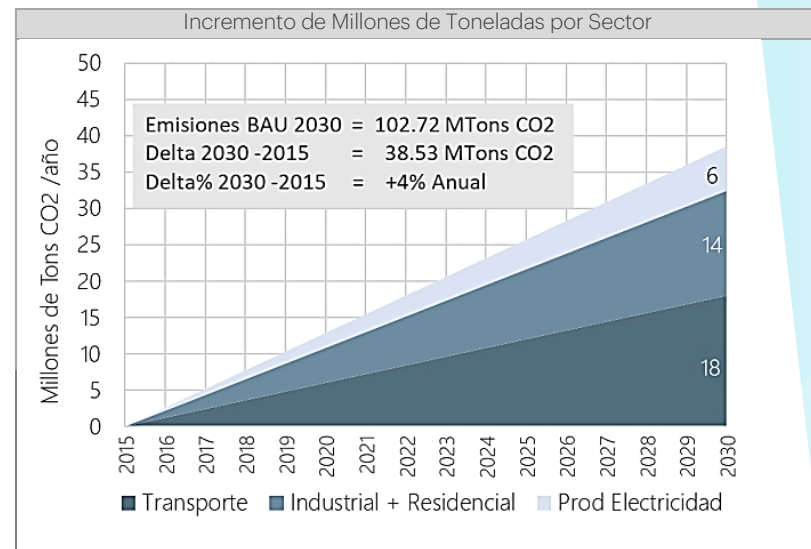
En este estudio se proyectaron los escenarios de FNCER utilizando un modelo de planeación energética con una metodología Top-Down, teniendo en cuenta que el sector energía es transversal a muchos sistemas, fuentes y usos finales.

- Escenario Bajo: Penetración baja de FNCER y baja penetración de EVs:** Este es el escenario con menor penetración de FNCER, pero con una baja demanda de energía eléctrica en comparación con los otros escenarios, a causa de una baja sustitución del transporte a tecnología eléctrica. En este sentido, con la sustitución en transporte prácticamente nula, la penetración de FNCER en la matriz eléctrica podría significar un sobrecosto ocioso para la demanda eléctrica actual, dado que la demanda también sería más baja que lo planeado.
- Escenario Medio: Penetración moderada de FNCER, EVs y almacenamiento:** Respecto al escenario UPME 2016-2030, se proyecta una menor entrada de plantas a Carbón en 364 MW y se incorporan 200 MW de almacenamiento eléctrico. Respecto a la demanda, se sustituyen 192,000 taxis, 14,000 camiones de carga y 7,200 buses urbanos de combustibles fósiles (ACPM, Gasolina y GNV) a eléctricos. También se proyecta una reducción de 1.7 TWh/año de la demanda industrial por eficiencia energética.
- Escenario Alto: Penetración alta de FNCER, EVs, generación distribuida y almacenamiento:** Respecto al escenario UPME 2016-2030, se proyecta una menor entrada de plantas a Carbón en 764 MW y se incorporan 400 MW de almacenamiento eléctrico. Se sustituyen 350,000 taxis, 900,000 vehículos y motos particulares, 100,000 camiones de carga y 35,400 buses urbanos eléctricos.

Ilustración 5. Escenario BAU de Capacidades e Incrementos en Emisiones de CO2

Escenario BAU de Capacidades		
Oferta	BAU 2030	
Tipo de Generación	+/- Capacidad MW	
Capacidad Hidro Embalse		12,000
Capacidad Hidro sin Embalse		2,546
Capacidad Gas/Líquidos		3,841
Capacidad Carbón		2,796
Capacidad Eólica		474
Capacidad Solar		0
Biomasa+ Otros		302
Capacidad Geotérmica		0
Movilidad Eléctrica	% Flota	Número
Vehículos y Taxis Eléctricos		54,500
Motos Eléctricas		21,000
Buses Eléctricos		490
Camiones Eléctricos		0

Fuente: Elaboración Propia, Escenarios UPME e Información de la CICC2



Resultados Escenario Bajo: Los resultados del Escenario Bajo vs BAU se esquematizaron en la siguiente tabla:

Escenario Bajo vs BAU 2030		
Tipo de Generación	+/- Capacidad MW	
Capacidad Hidro Embalse		0
Capacidad Hidro sin Embalse		195
Capacidad Gas/Líquidos	-185	
Capacidad Carbón	-232	
Capacidad Eólica		982
Capacidad Solar		234
Biomasa+ Otros		100
Capacidad Geotérmica		50
Movilidad Eléctrica	% Flota	Número
Vehículos y Taxis Eléctricos	0.56%	43,000
Motos Eléctricas	0.26%	21,000
Buses Eléctricos	1.03%	490
Camiones Eléctricos	0.00%	0

La penetración de FNCER del escenario bajo, logra reducir en 8% (102.72 vs 98.76 MTons CO2) las emisiones de CO2 respecto a las esperadas en la línea base – BAU. Este resultado con baja penetración puede considerarse como una actualización de los valores recientes a la proyección del BAU, dado que las acciones que contempla son mínimas en comparación con el BAU. Sin embargo, la contribución de 3.1% en el subsector de generación indica que la entrada adicional de generación eólica es importante para las metas, pero al incrementarse la capacidad no se produce un efecto significativo en la reducción de emisiones, debido a la falta de demanda de electricidad, por lo cual sólo es posible aumentar la penetración de FNCER si se logra realizar una mayor sustitución por movilidad eléctrica en el sector transporte.

Resultados Escenario Medio: Los resultados del Escenario Medio vs BAU se esquematizaron en la siguiente tabla, con un resultado de reducción de 11.5% respecto al BAU. En este escenario fue fundamental el impacto causado por la modesta penetración de movilidad eléctrica en el sector transporte, principalmente en la flota de buses urbanos eléctricos proyectados a 2030 (15.11% de 47,644 Buses).

Otro resultado importante, fue la reducción de generación con combustibles fósiles para la seguridad eléctrica del área Caribe, agregando sistemas complementarios basados en FNCER, por ejemplo, el almacenamiento eléctrico y los controles para soportes de tensión y frecuencia. En este escenario medio, se introdujeron 200 MW de almacenamiento eléctrico en el área Caribe con capacidad de prestar servicios complementarios de soporte de tensión, AGC y regulación primaria de frecuencia.

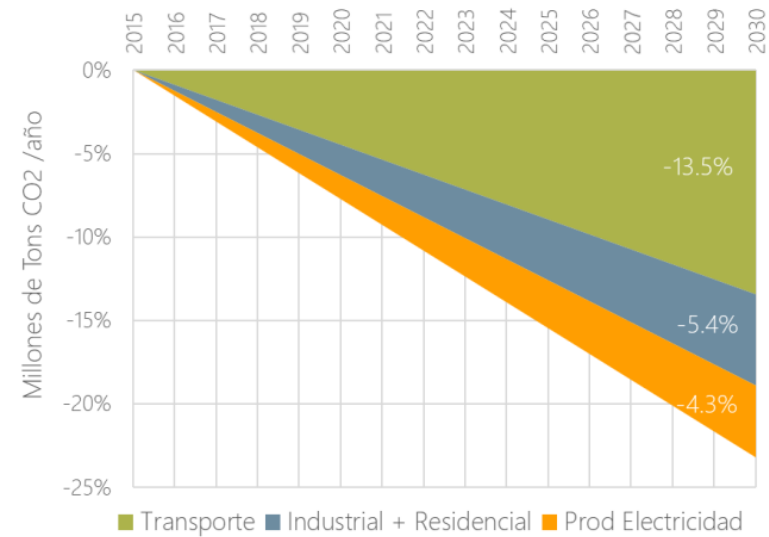
Escenario Medio vs BAU 2030		
Tipo de Generación	+/- Capacidad MW	
Capacidad Hidro Embalse		-
Capacidad Hidro sin Embalse		195
Capacidad Gas/Líquidos	-185	
Capacidad Carbón	-596	
Capacidad Eólica		982
Capacidad Solar		600
Biomasa+ Otros		348
Capacidad Geotérmica		50
Movilidad Eléctrica	% Flota	Número
Vehículos y Taxis Eléctricos	2.68%	205,000
Motos Eléctricas	0.26%	21,700
Buses Eléctricos	15.11%	7,200
Camiones Eléctricos	5.20%	14,000

Resultados Escenario Alto: Los resultados del Escenario Alto vs BAU se esquematizaron en la con un resultado de reducción de 23.2% respecto al BAU. En este escenario se priorizó en la penetración de movilidad eléctrica en el sector transporte y se balanceó con más entrada de todas las posibles FNCER.

Durante la planeación de este escenario, se proyectó una entrada masiva de movilidad eléctrica sin penetración de FNCER, que ocasionó un incremento de generación con plantas a Carbón en las áreas Caribe y Norte de Santander resultando contraproducente la sustitución para los fines de la Misión de Crecimiento Verde.

En el escenario alto, se introdujeron además 400 MW de almacenamiento eléctrico, que permitieron mayor nivel de generación de las FNCER, y redujeron la generación por seguridad en el área Caribe con combustibles fósiles.

Escenario Alto vs BAU 2030		
Tipo de Generación	+/- Capacidad MW	
Capacidad Hidro Embalse		-
Capacidad Hidro sin Embalse		195
Capacidad Gas/Líquidos	-185	
Capacidad Carbón	-996	
Capacidad Eólica		1026
Capacidad Solar		1200
Biomasa+ Otros		648
Capacidad Geotérmica		150
Movilidad Eléctrica	% Flota	Número
Vehículos y Taxis Eléctricos	11.79%	900,000
Motos Eléctricas	4.27%	350,000
Buses Eléctricos	74.30%	35,400
Camiones Eléctricos	37.15%	100,000



La entrada masiva de movilidad eléctrica conllevó a un aumento significativo de la demanda de energía eléctrica en (8.38 TWh/año) que fue suplido en su gran mayoría con generación de FNCER. También se simuló una reducción de 2.27 TWh/año de la demanda industrial eléctrica esperada en 2030, como consecuencia de los planes de eficiencia energética.

En conclusión, los escenarios de penetración de FNCER del lado de la oferta sólo prevén un impacto positivo en la reducción de emisiones con una sustitución masiva de movilidad eléctrica, siempre que ésta última logre optimizar los costos de abastecimiento tanto para la demanda de transporte como la demanda eléctrica adicional, debido a la fuerte reducción de consumo de combustibles fósiles y de EGEL que resulta de esta sustitución.