

# Hacia un futuro con 100% de energías renovables para la República Dominicana

Versión ejecutiva

WÄRTSILÄ BUSINESS WHITE PAPER



La República Dominicana es considerada un líder en materia de energía y política en el Caribe. A finales de 2018, la República Dominicana aprobó un Plan de Acción para implementar las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) que reafirmaba el compromiso de los países de mantener las metas establecidas por el Acuerdo de París sobre el Clima. Esta es una de las acciones que muestran el compromiso de los países en isla para reducir las emisiones y aumentar la cantidad de energía renovable en su sistema eléctrico.

La dependencia del país de los combustibles importados, como el carbón, el fueloil pesado (HFO) y el gas, hace que las empresas de servicios públicos, y por tanto la nación, sean vulnerables a los aumentos de los precios de los combustibles. La introducción de fuentes de energía renovable (FER) como la eólica y la solar reduciría esta dependencia de los combustibles fósiles y disminuiría la huella de carbono del país. Para lograrlo, el país ha anunciado el objetivo de que al menos el 27% de la energía debe provenir de las FER para el año 2030. Además, las FER deben constituir el 32% de la capacidad de generación de los países para 2023. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Clima COP25 de 2019 en Madrid se anunció que la región de América Latina y el Caribe ha establecido un objetivo de energías renovables del 70% para 2030.

El propósito de este documento es contribuir a la discusión en la República Dominicana y analizar las formas más rentables de avanzar para el sector energético del país. En este estudio se contemplan varios escenarios y se comparan los resultados con la estrategia actual del país.

Este estudio proporciona la información necesaria para comprender el impacto que tiene las decisiones, tomadas hoy, con respecto a factores futuros como el costo total en el sistema eléctrico, las emisiones y la confiabilidad del sistema, en adición a la capacidad de alcanzar los objetivos de energías renovables establecidos.

## CONTENIDO

<b>OBJETIVOS PRINCIPALES .....</b>	<b>2</b>
<b>EL MODELO.....</b>	<b>2</b>
<b>DATOS DEL MODELO (INPUTS) .....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN DE LOS ESCENARIOS ...</b>	<b>3</b>
<b>CASO BASE .....</b>	<b>4</b>
<b>CASO BASE – MOTORES .....</b>	<b>4</b>
<b>CASO ÓPTIMO.....</b>	<b>5</b>
<b>COMPARACIÓN – CASO ÓPTIMO VS. CASO BASE .....</b>	<b>5</b>
<b>VISIÓN DEL 100% DE ENERGÍAS RENOVABLES .....</b>	<b>7</b>
<b>COMPARACIÓN DE LOS COSTOS Y LAS EMISIONES ENTRE LOS ESCENARIOS.....</b>	<b>10</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>13</b>

## Objetivos principales

- Este Estudio de Expansión del Sistema Eléctrico investigará objetivamente múltiples escenarios posibles para el desarrollo del sector eléctrico de la República Dominicana, buscando el camino óptimo a seguir
- El Estudio contempla la adición de recursos renovables en base a los objetivos del país y, al mismo tiempo, la optimización del sistema para determinar cuánta energía renovable puede incorporar dicho sistema sin restricciones ni riesgos para la seguridad del suministro
- Proporcionar múltiples escenarios realistas que sirvan para comparar y se utilicen para el análisis al seleccionar futuras ampliaciones de capacidad.

A fin de seguir siendo objetivos, transparentes y precisos, se adoptaron las siguientes medidas:

- Utilización de fuentes de datos mundialmente reconocidas para pronosticar las futuras curvas de precios de energía eólica, energía solar fotovoltaica y almacenamiento de baterías
- Precios actuales de la energía eólica y solar fotovoltaica indicados en el informe de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) para la República de Dominica con fecha de 2016
  - Curvas de precios futuros para las Fuentes de Energía Renovables y tecnologías de almacenamiento provenientes de Bloomberg New Energy Finance
  - El Modelo incorpora parámetros de flexibilidad del sistema eléctrico. Estos parámetros son esenciales para reflejar con precisión las realidades del futuro –la capacidad y el comportamiento de cada activo, y costos adicionales que pueden tener al dar soporte y equilibrar la variabilidad o intermitencia de la energía eólica y solar. Sin estos parámetros, el modelado daría resultados diferentes, poco realistas y el sistema eléctrico óptimo se vería muy diferente. Estos parámetros también ayudarán en el cálculo de las emisiones generadas y la seguridad del suministro cuando crezca la proporción de energías renovables. Es importante señalar que muchos programas informáticos de modelado no permiten incorporar todos esos parámetros y, por lo tanto, no son adecuados para analizar los sistemas eléctricos con una cuota elevada de energías renovables.

## El modelo

El Estudio del sistema eléctrico se ha realizado utilizando el software de simulación energética PLEXOS®. Plexos es un software desarrollado por Energy Exemplar. Plexos tiene una sólida capacidad de simulación en sistemas eléctricos, de agua y gas, centrándose en el control total del usuario, la transparencia y la precisión a través de numerosas restricciones e incertidumbres. Este software lo utilizan extensamente operarios de sistemas, empresas de servicios públicos y consultores para el análisis de sistemas eléctricos, así como para la planificación de sistemas y la optimización del despacho.

El período de tiempo estudiado va del año 2020 al 2030. Como se ha señalado anteriormente, el Modelado de la Expansión de la Capacidad tiene por objeto encontrar la combinación óptima de capacidad del sistema eléctrico, capaz de abastecer la demanda futura de electricidad, con determinados límites como las curvas de precios futuros de las diferentes tecnologías, los precios de los combustibles y los costos variables de operación y mantenimiento (VO&M). La capacidad de generación óptima abastecerá la demanda al menor costo, durante el período estudiado. Los costos reportados incluyen los tres componentes (1) Costos de capital (CapEx) (2) Costos fijos de operación y mantenimiento (FO&M) (3) Costos variables de operación (VO&M), como es el combustible, y costos de arranque (OpEx).

El modelo se basa en un auténtico despacho cronológico con datos horarios para carga futura, producción eólica y solar, con un horizonte de 10 años. Este enfoque proporciona la imagen más exacta del despacho real del sistema, y proporciona un análisis preciso de los costos, el uso de combustible, las emisiones y la confiabilidad del sistema. Sin embargo, los actuales contratos de compraventa de energía (PPA) no se han tenido en cuenta en el despacho ya que la información no está disponible públicamente.

El estudio permite que el software seleccione las tecnologías en cualquier cantidad siempre que esto proporcione la opción de menor costo para el sistema eléctrico. Para cada tecnología, se incluyen características como el tamaño de la central, la carga mínima estable, valor calorífico (heat rate) de las cargas parciales, VO&M, FO&M, el costo de puesta en marcha o arranque, los tiempos mínimos de subida/bajada de carga y el costo de inversión.

Las restricciones a nivel de sistema se originan de la demanda y la capacidad de generación debe satisfacer cronológicamente cada hora. El modelo también incluye las reservas operacionales del sistema necesarias para mantener el equilibrio y la confiabilidad del sistema. Se incluyen las reservas primarias y de contingencia (n-1, el mayor de unidad más grande) junto con el requisito de reservas adicionales futuras para balancear la energía eólica y solar fotovoltaica debido a errores de previsión meteorológica.

## Datos del modelo (Inputs)

Los datos de entrada de Plexos utilizados provienen de las siguientes fuentes:

Organismo Coordinador (OC)	Comisión Nacional de Energía (CNE)	Bloomberg New Energy Finance (BNEF)	Wärtsilä
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Demanda por hora</li> <li>● Previsión de crecimiento de la carga</li> <li>● Datos de la red</li> <li>● Precio del combustible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Objetivos renovables de RD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tendencias mundiales</li> <li>● Curvas de aprendizaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Parámetro dinámico para las tecnologías basadas en referencias mundiales</li> </ul>

El estudio es una optimización del despacho de energía y reservas operacionales que considera detalladamente el balance energético horario y las necesidades de servicios auxiliares adicionales requeridos causantes por la generación intermitente proveniente de la energía renovable. Los servicios auxiliares que se tienen en cuenta asegurando que el 20% de la producción eólica y solar en MW esté siempre disponible, son provenientes de reservas de reacción rápida contribuidas por las centrales térmicas para cubrir posibles errores de previsión en la producción de energías renovables.

El país tiene una necesidad continua de eliminación de carga que a nivel de sistema representa aproximadamente el 15% de la energía. Una alta prioridad en la agenda política de la República Dominicana es detener la pérdida de carga y garantizar que se satisfaga la demanda. Este modelo asume un aumento del 15% sobre la demanda actual para proveer la electricidad necesaria que satisfaga el creciente consumo eléctrico. Se aplica un aumento anual de la demanda del 3,7% para planearse el crecimiento de la demanda en la isla.

## Resumen de los escenarios

En la tabla que figura a continuación se presentan los escenarios modelados en el estudio:

Escenario	Propósito	Capacidad térmica añadida	Capacidad de las FER
Caso base	Plan actual	TGCC de 600MW construidas en 2024	La construcción tiene como objetivo 2GW para 2030 (70% solar y 30% eólico)
Caso base – Motores	Tecnología térmica alternativa para el caso base	Motores de gas de 600MW construidos en 2024	La construcción tiene como objetivo 2GW para 2030 (70% solar y 30% eólico)
Óptima	La combinación más barata de renovable y térmica	Térmico optimizado: capacidad, tecnología y programación	Renovables optimizadas: capacidad, tecnología y programación
Visión del 100% de energías renovables	Camino óptimo para un sistema de energía 100% renovable de la RD para el 2030	Térmico optimizado: capacidad, tecnología y programación	El sistema está forzado a alcanzar el 100% del objetivo de FER para 2030. Power to Gas (P2G – Energía a gas) *

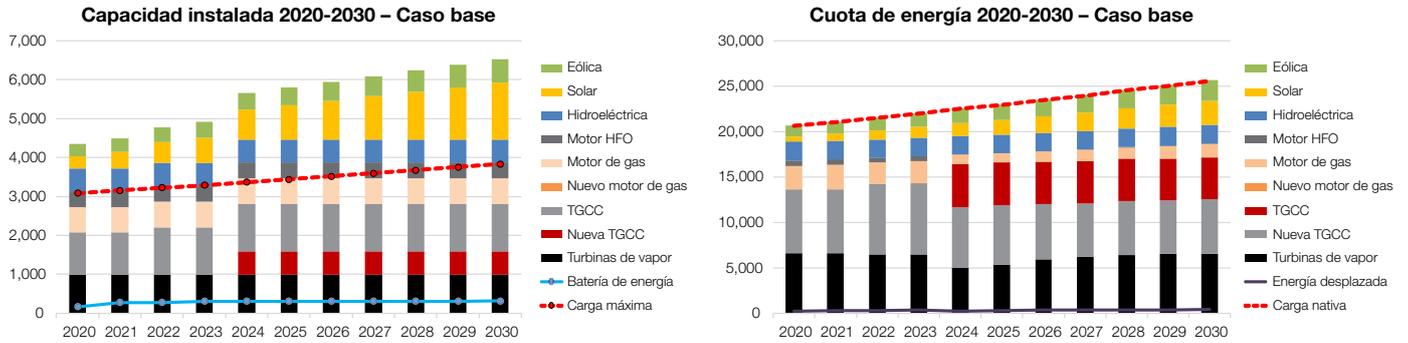
**Tabla 1.** Resumen de los escenarios estudiados

(\*) El proceso Power to Gas esbozado con más detalle dentro del escenario de la Visión del 100% de energías renovables

## Caso base

El escenario del Caso base sigue el plan de expansión actual del país para construir una central eléctrica de turbina de gas de ciclo combinado (TGCC) con una capacidad de 600MW para el año 2024. También sigue los objetivos actuales de la Republica Dominicana de instalar 2GW de fuentes de energía renovable (FER) para el año 2030. Estas FER consisten en un 70% de energía solar fotovoltaica y un 30% de generación eólica, y con estas adiciones la cuota de energía renovable de la Republica Dominicana se eleva al 27% en 2030. Esta capacidad de las FER puede satisfacer el crecimiento de la demanda, pero no reducir la producción térmica, las importaciones de combustibles fósiles y las emisiones de CO2.

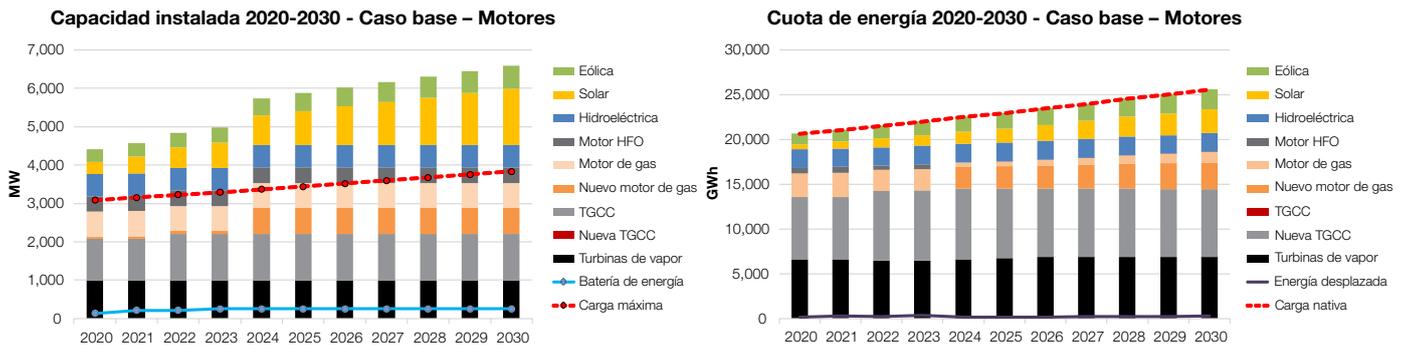
La figura 1 muestra la capacidad de generación y la cuota de energía de 2020-2030.



**Figura 1.** Caso base: capacidad instalada por tecnología (izquierda) y porcentaje de energía por tecnología (derecha) de 2020-2030.

## Caso base – Motores

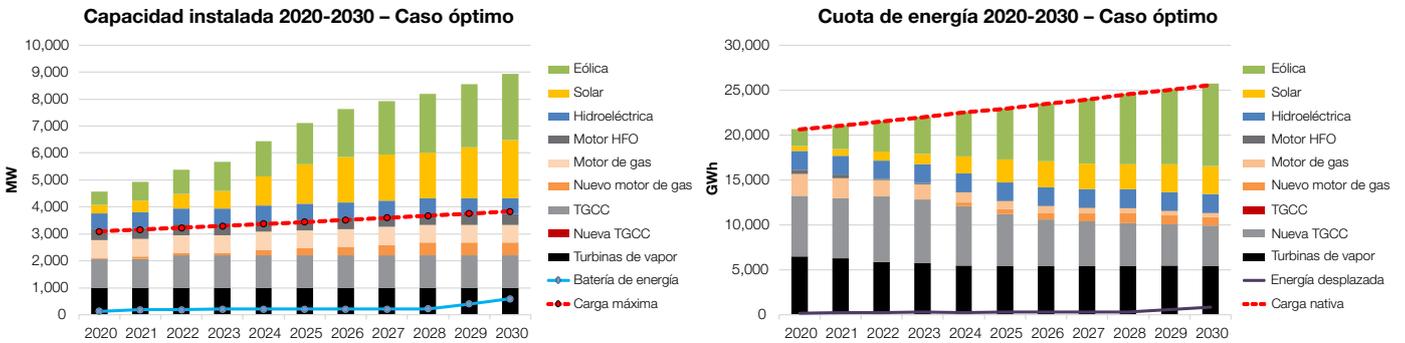
El Caso base - Motores es un escenario de sensibilidad que mide cómo cambiaría el despacho y la dinámica del sistema si en lugar de construir las TGCC de 600 MW, la Republica Dominicana añadiera 600MW de capacidad flexible (motores a gas) para 2024. El objetivo de penetración de las renovables (27% de la energía para 2030) es el mismo que en el caso base y cumpliría los objetivos de energía limpia del país.



**Figura 2.** Caso base – Motores: capacidad instalada por tecnología (izquierda) y porcentaje de energía por tecnología (derecha) de 2020-2030.

## Caso óptimo

El Caso óptimo muestra la mezcla de capacidad óptima de la República Dominicana para los años 2020-2030. En este escenario, Plexos optimiza las nuevas adiciones de capacidad térmica y de FER, la tecnología y las fechas hasta el 2030. Todo ello con el fin de proporcionar el menor costo total y las menores emisiones para el sistema 2020-2030. El plazo para la construcción de toda la nueva capacidad para 2030 podría ser demasiado ajustado, sin embargo, este escenario demuestra cuál sería el sistema eléctrico óptimo que se debería construir.

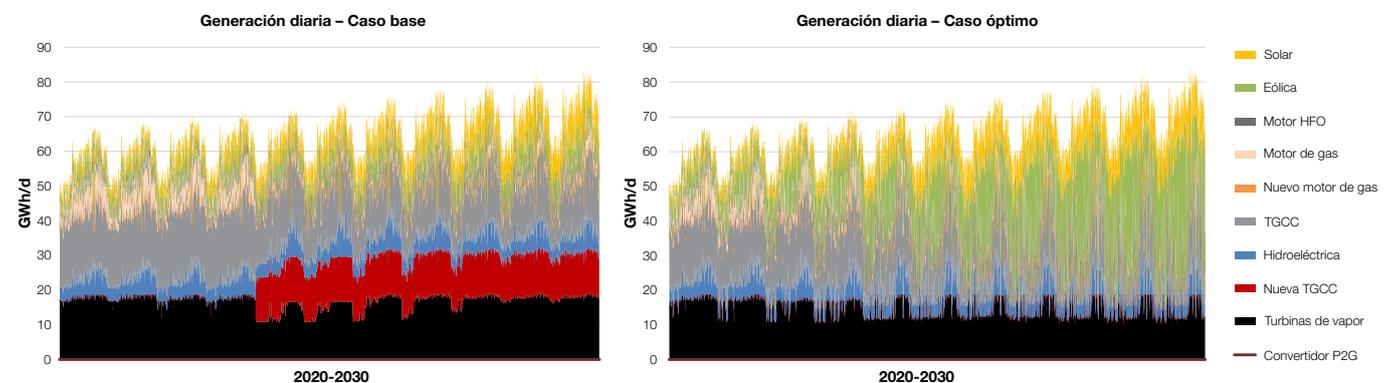


**Figura 3.** Caso óptimo: capacidad instalada por tecnología (izquierda) y porcentaje de energía despachada por tecnología (derecha) de 2020-2030.

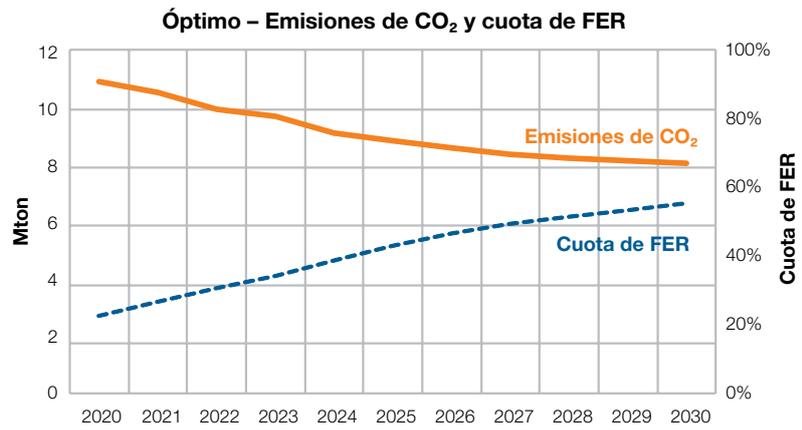
En comparación con los dos casos anteriores, la entrada de las renovables ha aumentado considerablemente con más de 5.000 MW de FER instalados. Esto se debe a que la generación renovable es la forma más barata de nueva capacidad de generación. También es importante señalar que las nuevas adiciones de capacidad térmica son Motores de gas - en lugar de TGCC, lo que proporciona costos más bajos al equilibrar las variaciones diarias de la energía eólica y solar en rápido aumento.

## Comparación – Caso Óptimo vs. Caso Base

La figura 4 nos permite comparar la generación diaria desde 2020-2030 tanto para el Caso Base como para el Caso Óptimo. La mayor parte de la generación en el caso óptimo (derecha) se compone de Energía Renovable con las unidades de turbinas de vapor a carbón ya existentes que proporcionan la carga base. La adición de las unidades con motores flexibles a gas permite que las otras tecnologías de generación del sistema funcionen de manera más eficiente y quemen menos combustible, a la vez que balancean las cantidades crecientes de renovables. La instalación de TGCC inflexibles en el Caso Base (izquierda) da como resultado un funcionamiento mucho mayor de la generación térmica, quemando combustibles fósiles importados y produciendo emisiones.



**Figura 4.** Comparación de la generación diaria entre el Caso Base (izquierda) y el Caso Óptimo (derecha) desde 2020-2030. El verde y el amarillo son las tecnologías libres de emisiones y combustibles



**Figura 5.** Cuota de energía renovable (punteada) y las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> por toneladas (sólidas) de 2020 a 2030 para el caso óptimo

En la tabla 2 que figura a continuación se enumeran las conclusiones y resultados al comparar el Caso Óptimo con los casos anteriores.

	Caso base	Caso base - Motores	Óptima
Ahorros acumulados para 2030 en comparación con el caso base	-	90 MUSD	1200 MUSD
Nivel de Energía Renovable para 2030	27 %	27 %	55%
Ahorros acumulados en el costo del combustible para 2030 en comparación con el caso base	-	43 MUSD	2350 MUSD
Baterías instaladas para 2030	317 MW/ 4 horas de batería	159 MW/ 4 horas de batería	470 MW/ 4 horas de batería
Capacidad térmica añadida para 2030	TGCC de 600 MW	Motores de 600 MW	Motores de 510 MW
Capacidad eólica instalada para 2030	600 MW	600 MW	2.450 MW
Capacidad solar instalada para 2030	1465MW	1465MW	1.950 MW

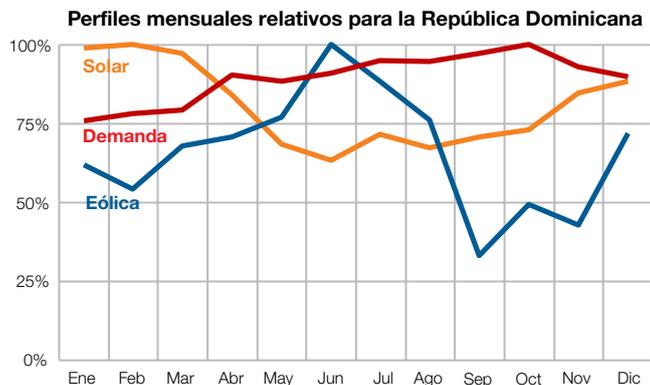
**Tabla 2.** Compara los resultados del caso óptimo con los casos anteriores.

La conclusión general de la comparación de los escenarios es que la combinación óptima de capacidad contiene más capacidad eólica, solar y térmica flexible que el plan nacional actual, que se presenta en el Caso Base. El escenario óptimo ahorra 2.350 millones US\$ en combustible, alcanza una cuota renovable del 55% para 2030, reduce las emisiones de carbono en un 31 % y proporciona un ahorro total en los costos de generación de 1.200 millones US\$ en comparación con el plan nacional actual.

## Visión del 100% de energías renovables

Wärtsilä tiene el objetivo de liderar el camino de sistemas eléctricos hacia un 100% renovable. Este caso estudiará qué pasos habría que dar en la República Dominicana para acercarse a esta visión de un 100% de energías renovables, y cómo este sistema se compara con los escenarios anteriores. Este estudio se concentra en los recursos eólicos y solares como las opciones de Energía Renovable de nueva generación.

La variabilidad estacional de los recursos renovables será un factor importante a la hora de optimizar el sistema eléctrico de 100% de Energía Renovable, ya que estas son las responsables de generar la mayor parte de la energía del sistema. La figura 6 muestra la producción mensual de los recursos solares y eólicos variables.



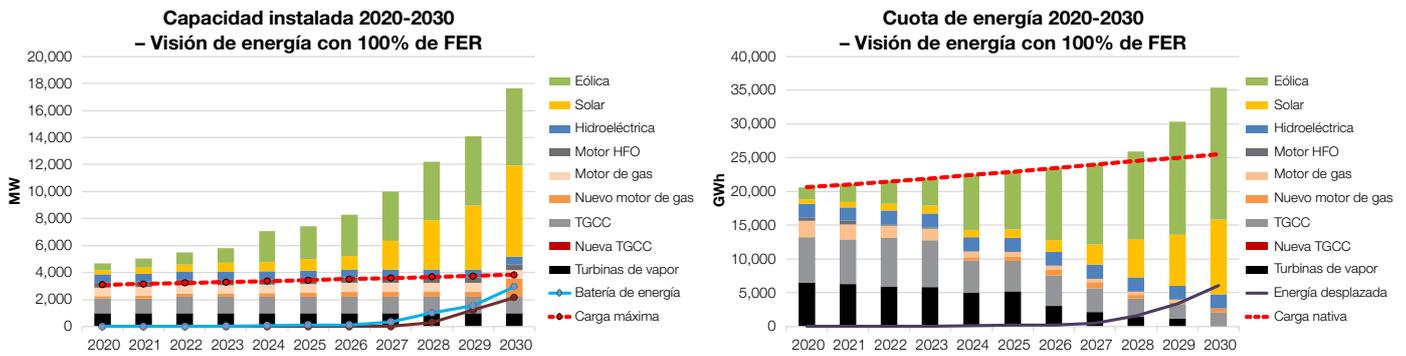
**Figura 6.** Perfiles de generación relativos mensuales para el sistema eléctrico 100% renovable en la RD

Otro factor importante del sistema de cero carbono será el desarrollo y la disponibilidad de combustibles renovables. El proceso de producción de combustibles renovables sintéticos se conoce como "Power to X" o en este caso Power to Gas (P2G). El proceso requiere electricidad generada principalmente a partir de Energías de Fuentes Renovables para producir hidrógeno (que se extrae de las moléculas de agua) y aprovechar el dióxido de carbono ya existente en la atmósfera terrestre. En el proceso P2G hay varios subprocesos como la hidrólisis, la captura de carbono, la metanización y el almacenamiento de gas. La capacidad de sintetizar estos combustibles renovables y de almacenar grandes cantidades para su uso futuro desempeñará un papel vital para alcanzar los objetivos de carbono cero. Es importante señalar que el metano renovable puede transportarse utilizando los buques cisterna de GNL existentes, y distribuirse utilizando las redes de gas existentes.

La transición de los actuales sistemas de energía a sistemas 100% descarbonizados no significa que no haya centrales eléctricas que quemen combustibles. Los combustibles sintéticos Power to X son neutros en carbono y estarán disponibles en grandes cantidades en el futuro para la aviación, el transporte marítimo y otros sectores que también demandarán dichos combustibles. Estos combustibles costarán una cantidad de 3 a 5 veces más que los combustibles fósiles, pero como el viento y la energía solar producirán la mayor parte de la electricidad, las cantidades de combustible necesarias son relativamente pequeñas.

Para que un sistema sea de cero carbono o 100% renovable, los activos de generación flexible despachables deben tener la capacidad de utilizar estos combustibles renovables sintéticos. Para los propósitos del modelo, este estudio asume que todos los activos de generación de gas en la isla pueden funcionar con metano sintético. Los motores de gas modernos ya son capaces de quemar metano y metanol sintético sin carbono con alta eficiencia.

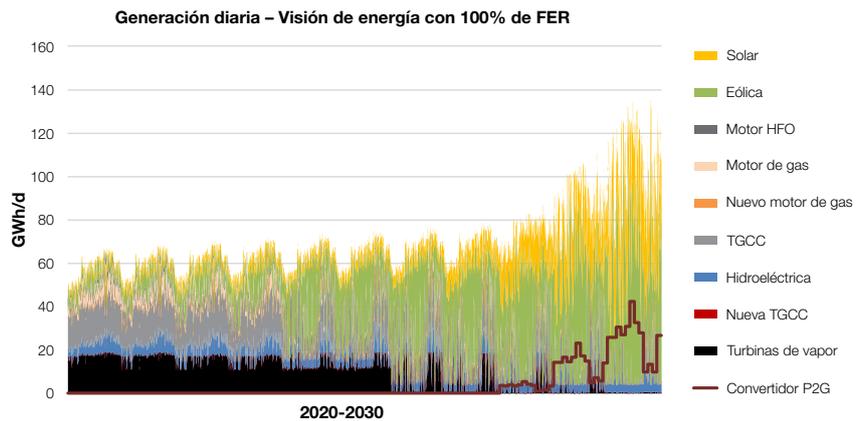
Debido a las grandes cantidades de variación diaria y estacional, el almacenamiento de energía jugará un papel vital en el mantenimiento de la fiabilidad del sistema. Plexos utiliza tecnologías de almacenamiento de energía para equilibrar el sistema a nivel diario y estacional. Las baterías de iones de litio se utilizan principalmente para el movimiento solar del día a la noche, y para equilibrar las variaciones a corto plazo. Los combustibles sintéticos renovables almacenados del proceso P2G son utilizados por los activos térmicos flexibles de combustible para equilibrar cualquier variación estacional y diaria grande, por ejemplo, los eventos climáticos extremos en los que el viento y la energía solar no están disponibles durante períodos prolongados. Se necesitan activos térmicos despachables para estos períodos sin la generación normal eólica y solar, ya que la cantidad de energía almacenada en baterías no sería suficiente. La otra opción sería construir un almacén de baterías extremadamente sobredimensionado, pero hacerlo sólo para algunos fenómenos meteorológicos poco frecuentes no tiene sentido desde el punto de vista económico.



**Figura 7.** Capacidad instalada (izquierda) y cuota de energía (derecha) por tecnología para el Escenario con 100% FER

La figura 7 (izquierda) muestra la capacidad construida desde 2020-2030. Para alcanzar el objetivo del 100% se necesita una gran cantidad de Energía Renovable con grandes adiciones cada año entre 2025-2030. Con algunos activos térmicos que permanecen en línea como respaldo para condiciones climáticas extremas. Como se mencionó anteriormente, estas tecnologías funcionarían con combustibles sintéticos renovables a partir del año 2030.

La figura 7 (derecha) representa la cantidad de energía que está siendo generada por la tecnología. La generación renovable domina la cuota de energía para el año 2027 y permite que el aumento de la energía almacenada se desplace para su uso futuro, utilizando el almacenamiento en baterías. La generación de gas flexible, que utiliza combustibles renovables, funciona con un factor de baja capacidad, utilizando pequeñas cantidades de combustible, pero asegura la fiabilidad del sistema en todas las condiciones climáticas.



**Figura 8.** Generación diaria por tipo de tecnología desde 2020- 2030 Escenario con 100% FER

La figura 8 muestra cómo la generación térmica está en espera la mayor parte del tiempo para 2030, con las FER generando la mayor parte de la electricidad. El exceso de energía eólica y solar que se genera es capturado y convertido en combustibles renovables en el proceso de conversión Power to Gas.

Como se ha mencionado, en el proceso de Power to Gas (Convertidor P2G), el exceso de energía eólica y solar puede utilizarse mediante la electrólisis de hidrógeno y la síntesis de metano para producir metano sintético renovable (gas natural). El metano se introduce entonces en la red de gas local, o se licua a GNL, se almacena, y más tarde se regasifica para su uso en centrales térmicas flexibles según sea necesario. Este proceso está indicado por la línea marrón oscura, que se eleva cuando la electricidad se consume y se convierte en combustible.

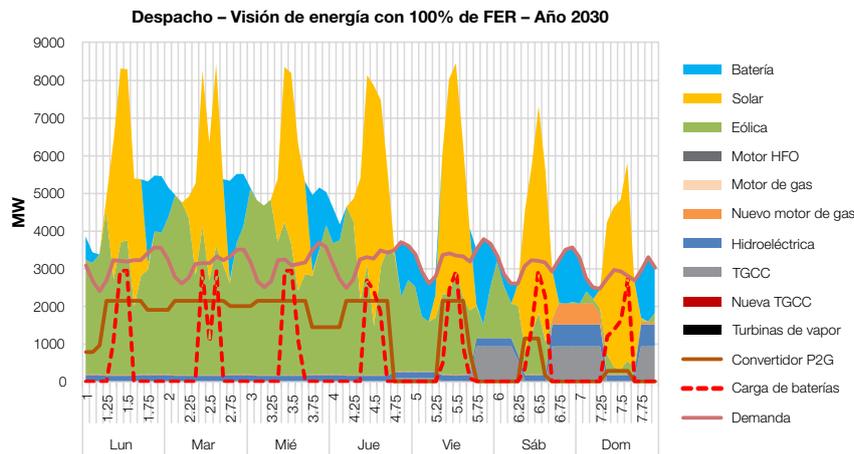


Figura 9. Despacho semanal por tecnología en el año 2030 para el Escenario con 100% FER

En la figura 9 se muestra un pronóstico semanal de cómo se despacha la tecnología. Además de la gran producción de energía renovable, las baterías del sistema se están utilizando para equilibrar la variación renovable y trasladar el exceso de energía solar del día a la noche. Power to Gas no está operando con una variación diaria, sino que está almacenando combustible para las necesidades diarias, semanales y mensuales a largo plazo. La carga de las baterías se indica con una línea roja punteada y el consumo del convertidor P2G se presenta con la línea marrón continua.

Observar el sábado y el domingo en el gráfico da una indicación de cómo funciona el sistema cuando no se produce suficiente energía renovable para satisfacer la carga. Durante los períodos de estos dos días se necesita una generación térmica flexible para equilibrar el sistema, operando con combustibles renovables producidos por el convertidor P2G a principios de la semana. Todo el exceso de producción por encima de la línea de demanda (línea roja de luz sólida) se utiliza para cargar las baterías y proporcionar energía a los convertidores P2G creando combustibles sintéticos neutros en carbono, que es el único combustible para cualquier capacidad térmica en este momento.

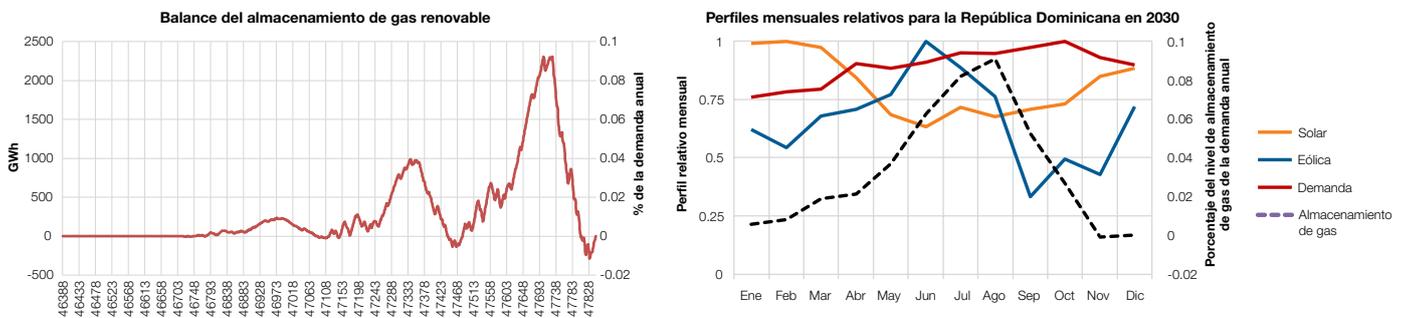


Figura 10. Niveles de almacenamiento de gas renovable (izquierda) y el perfil de despacho mensual para 2030 (derecha) para el Escenario con 100% FER

La figura 10 ayuda a aclarar cómo el proceso Power-to-Gas o gas renovable está ayudando a la variación estacional del viento y la energía solar y la demanda. El modelo comienza a utilizar la tecnología Power-to-Gas en 2028 y para 2030 la cantidad máxima de gas sintético renovable almacenado es igual al 10% de la demanda en la República Dominicana. El gas renovable almacenado es vital de agosto a noviembre, ya que la producción eólica se reduce drásticamente y la demanda comienza a aumentar. Durante este período el gas renovable se utiliza con frecuencia en activos térmicos flexibles para equilibrar el sistema eléctrico.

Será posible importar combustibles renovables sintéticos y se podría utilizar la infraestructura de GNL existente en la isla. Considerando el almacenamiento actual de GNL de las islas y las adiciones previstas, hay suficiente almacenamiento de combustible disponible para el gas renovable para 2030. En este estudio se utilizó el exceso de electricidad renovable para producir el combustible localmente, pero el costo de su importación sería similar y no tendría un impacto significativo en los resultados.

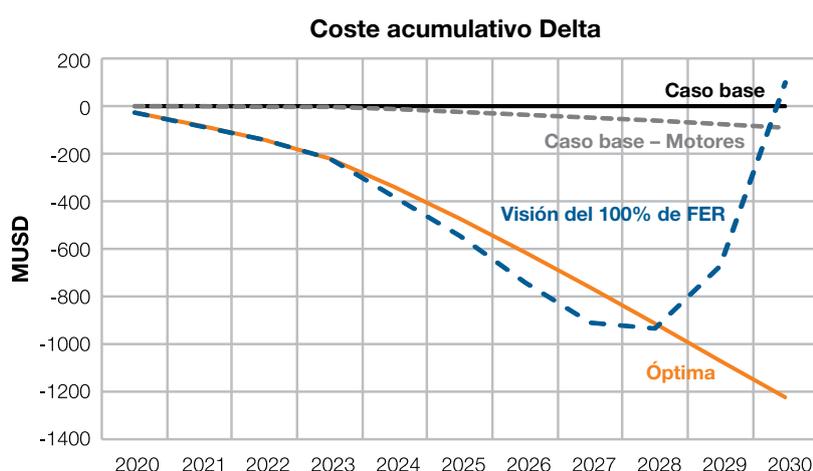
En la tabla 3 que figura a continuación se enumeran las conclusiones y los resultados al comparar la visión de un 100% de energías renovables con los casos anteriores.

	Caso base	Caso base - Motores	Óptima	Visión del 100% de energías renovables
Nivel de Energía Renovable para 2030	27 %	27 %	55%	100% para 2030 – el sector energético es neutro en carbono
Ahorros acumulados para 2030 en comparación con el Caso Base	-	90 MUSD	1200 MUSD	<b>-100 MUSD</b> (para 2028 y 900 MUSD de ahorro con el 80% de cuota de Energía Removable)
Ahorros acumulados en el costo del combustible para 2030 en comparación con el Caso Base	-	43 MUSD	2350 MUSD	4400 MUSD
Power to Gas añadido para 2030	-	-	-	2 GW y 2,5 TWh
Baterías instaladas para 2030	317 MW/ 4 horas de batería	159 MW/ 4 horas de batería	470 MW/ 4 horas de batería	3 GW (12 GWh)
Capacidad térmica añadida para 2030	TGCC de 600 MW	Motores de 600 MW	510 MW – todos los motores	1.300 MW – todos los motores
Capacidad eólica instalada para 2030	600 MW	600 MW	2.450 MW	5.700 MW
Capacidad solar instalada para 2030	1465MW	1465MW	1.950 MW	6.700 MW

**Tabla 3.** Comparación de resultados de escenarios.

En la tabla 3 superior y la figura siguiente está claro que el impulso final para descarbonizar completamente el sistema eléctrico de la República Dominicana puede ser costoso cuando se compara con los otros escenarios.

## Comparación de los costos y las emisiones entre los escenarios

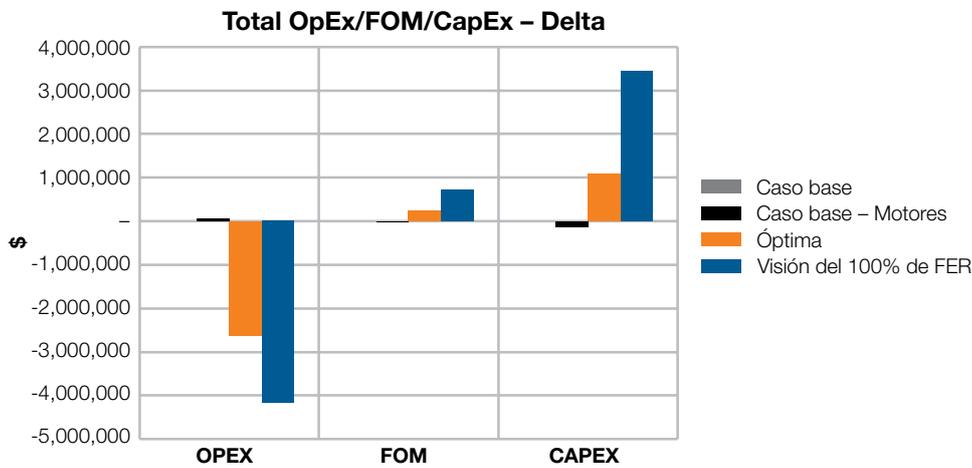


**Figura 11.** Costo acumulado Delta para todos los casos estudiados

La figura 11 compara el costo total (OpEx +FOM+ CapEx) de los tres escenarios. La instalación de motores en lugar de TGCC muestra el ahorro total de costos, pero la adición de motores y el aumento gradual de Energía Renovable amplifica esos ahorros de forma significativa. Emparejar un alto porcentaje de Energía Renovable con una cartera térmica flexible disminuye la dependencia de los combustibles fósiles y, por lo tanto, reduce drásticamente los costos del sistema energético de la isla. La tecnología térmica flexible equilibra y optimiza la generación de energía de los sistemas eléctricos y permite la máxima utilización de la energía renovable.

Además, la visión del 100% de Energía Renovable es el escenario más factible hasta 2028, cuando la cuota de Energía Renovable alcanza el 80%. Después, basándose en la configuración de los escenarios, el sistema se impulsa rápidamente a la cuota de 100% de Energía Renovable (90% para 2029 y 100% para 2030), lo cual no se hace en base a la economía, sino que se fuerza, debido a decisiones políticas. En estos casos, los costos son más altos que en los escenarios optimizados económicamente. Para reducir estos altos costos, el último año para alcanzar el 100 % de descarbonización debería pasar a ser el año 2030, ya que el almacenamiento de baterías y la energía solar siguen siendo más competitivos.

En la figura 12 se presenta otra comparación de los costos entre los distintos escenarios. Separando el costo total de CapEx, OpEx y FOM podemos ver qué partes están contribuyendo más al costo total para 2030. En la visión del 100% con Energía Renovables ve una gran disminución en el costo de operación debido a la cantidad de Energía Renovable en el sistema para el año 2030. Sin embargo, este escenario ve un CapEx más alto ya que para alcanzar el sistema del 100% deben instalarse grandes cantidades de fuentes de energía renovable.

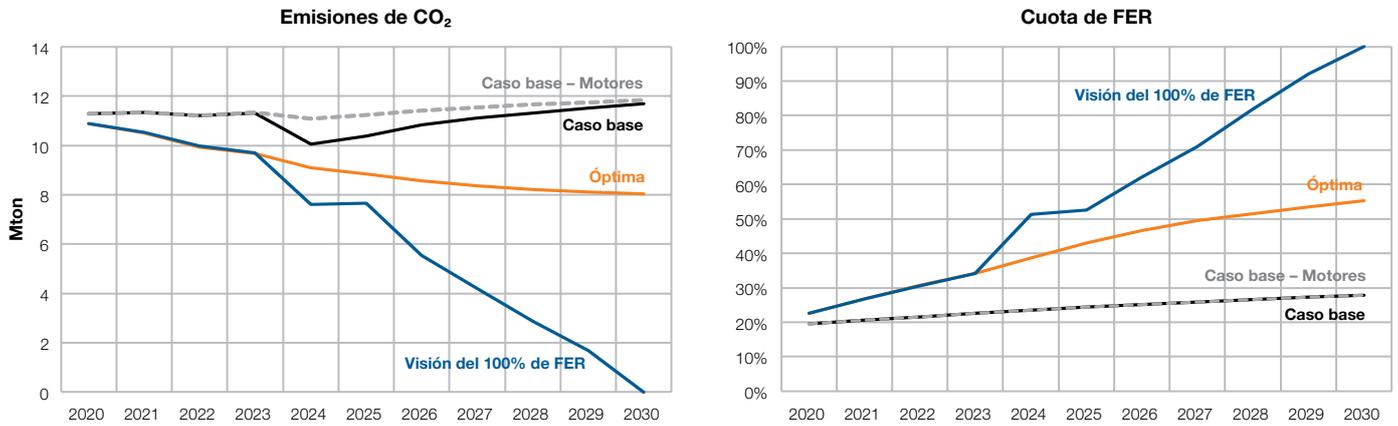


**Figura 12.** Deltas de costos para OpEx, FOM y CapEx para 2030 en todos los escenarios estudiados

En base a estos resultados se puede decir que el 70-80% de la cuota de Energía Renovable es la cuota económica óptima de renovables a finales de los 2020 y proporciona costos más bajos y emisiones mucho más bajas que el plan actual del sistema eléctrico. Después de eso, los pasos hacia la neutralidad del carbono comienzan a ser más costosos. Cabe señalar que mientras que esta simulación está estableciendo la visión del 100% renovable de la República Dominicana para el 2030, el costo decreciente de tecnologías como las baterías y las mejoras del proceso Power to Gas deberían hacer más factible el sistema de energía 100% renovable después del 2030.

La figura 13 siguiente se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> de los cuatro escenarios estudiados (así como los subescenarios descritos en el Apéndice 1). Junto con las renovables, el almacenamiento juega un papel importante en la reducción de las emisiones. Debido a la pronunciada curva descendente de los costos de las baterías, Plexos propone, en la mayoría de los escenarios, empezar a instalar el almacenamiento más cerca del año 2030.

Cabe señalar que no se garantiza que las emisiones disminuyan sólo porque se añada más capacidad renovable a un sistema de energía. Para que un sistema descarbonice se requiere una combinación de energía renovable y generación térmica flexible. Esto permite que la cartera utilice la energía renovable libre de carbono sin impactar negativamente la fiabilidad o los costos operativos de otros activos del sistema. Esto se puede ver en la emisión para el caso base con motores.



**Figura 13.** Emisiones de CO<sub>2</sub> (izquierda) y la cantidad de cuota de Energía Renovable (derecha) para todos los casos estudiados

## Conclusiones

Este estudio buscó el camino óptimo para desarrollar el sistema eléctrico de la República Dominicana hacia un 100% de energía renovable, utilizando el software de modelado Plexos. Se estudiaron varios escenarios. El objetivo general era encontrar el camino más eficiente para la República Dominicana, mientras se aseguraban unos costos de generación competitivos y bajas emisiones. Las aportaciones de modelado para el precio de la tecnología futura esperada y los datos del sistema provienen de varias fuentes de renombre, como Bloomberg New Energy Finance, CNE y OC.

La energía solar y eólica ya son hoy en día la nueva fuente de generación de electricidad más barata, y tendrán un papel central en la transición del sistema eléctrico al generar la mayor parte de la electricidad en el futuro. Al mismo tiempo que se retira gradualmente la antigua capacidad inflexible, es importante asegurar que se disponga de una capacidad de gas flexible adecuada para equilibrar eficientemente la intermitencia de la energía eólica y solar, manteniendo el sistema estable en todas las condiciones climáticas. El almacenamiento de energía también desempeñará un papel importante, principalmente mediante la regulación de la frecuencia y el desplazamiento de la generación solar del día a la noche. Debido a la disminución prevista del precio del almacenamiento en baterías, las instalaciones de almacenamiento empiezan a aumentar rápidamente hacia 2030.

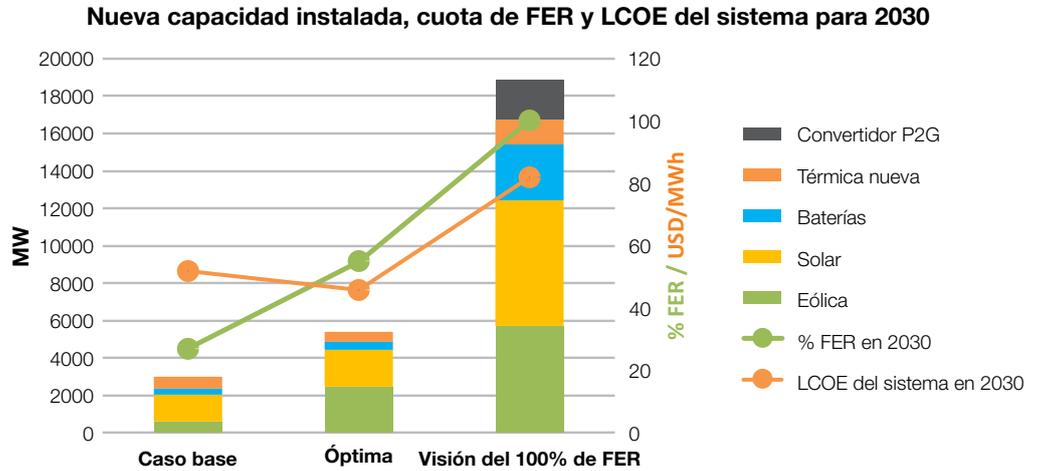
En los primeros años, incluso después de convertir varios activos para operar con gas, la generación de carbón y gas están suministrando una gran parte de la electricidad de la nación, al mismo tiempo que son responsables de la mayoría de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Cabe señalar que en el modelo no había costo de emisiones ni impuestos para el CO<sub>2</sub>. A pesar de la falta de un costo de emisión, el modelo ve el valor económico de la capacidad eólica y solar. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, el aumento de la proporción de la generación eólica y solar requiere una flexibilidad de la generación de energía térmica, que las centrales eléctricas de carbón y las TGCC no pueden proporcionar. Afortunadamente, el parque eléctrico de la República Dominicana ya incluye una capacidad térmica flexible en forma de centrales de energía con motores. Es vital que el parque térmico sea capaz de apagarse y volver a encenderse rápidamente cuando las condiciones meteorológicas cambien, ya que la intermitencia es inevitable.

En el caso de las centrales de carbón y de TGCC existentes, la puesta en marcha y el cierre requieren mucho tiempo e incorporan muchos costos –ya hay numerosos ejemplos de cómo estos activos tendrán dificultades para funcionar en un sistema eléctrico con un elevado número de Energías Renovables. Si este tipo de activos inflexibles permanecen en el sistema, debido a obligaciones políticas o contractuales, empiezan a forzar la reducción de la energía eólica y solar, y obstaculizan el crecimiento de las fuentes de energía renovables y, por lo tanto, limitan la posibilidad de alcanzar los objetivos de energía limpia. En base a los hallazgos de este estudio, la República Dominicana no debería, bajo ninguna circunstancia, agregar ninguna nueva capacidad de gas inflexible (TGCC) al sistema ya que esto sólo incrementaría los costos, la dependencia de los combustibles fósiles importados y limitaría las oportunidades de agregar energías renovables.

La inversión en tecnologías renovables permitirá a la República Dominicana reducir considerablemente la dependencia de los combustibles importados, así como los riesgos de elevados costos y precios asociados a ellos. Los fondos que se habrían utilizado originalmente para pagar los combustibles importados pueden utilizarse para financiar la energía renovable no contaminante y de otras formas que benefician a la nación.

Los resultados indican que una cuota de Energía Renovable del 70-80% es la cuota económica óptima de renovables a finales de los 2020 y proporciona costos y emisiones más bajos que el plan actual del sistema eléctrico. Alcanzar un nivel económicamente óptimo de Energía Renovable sería más que cumplir con el objetivo de los países para 2030 de generar el 27% de su energía a partir de renovables y el objetivo para 2023 de un 32% de capacidad de Energía Renovable. Este escenario óptimo también cumpliría las metas de la región de América Latina y el Caribe de generar el 70% de las energías renovables en 2030.

El propósito del escenario final, la Visión del 100% de energías renovables, era demostrar la escala necesaria de capacidad eólica y solar, junto con las tecnologías de equilibrio y cambio requeridas para alcanzar la solución de energía de cero carbono para la República Dominicana. Alcanzar el 100% para 2030 puede parecer poco realista, pero es valioso estudiar lo que tiene que ocurrir para llegar allí. Lo que es seguro es que, incluso después de 2030, se irán añadiendo gradualmente más energías renovables al sistema eléctrico de la República Dominicana, y cuantas más fuentes de energía renovable se añadan, más inflexibles serán las centrales eléctricas de carbón y gas que pasarán de valiosos activos de carga base a activos bloqueados.



**Figura 14.** Nueva capacidad instalada, cuota de FER y LCOE del sistema para el año 2030 para todos los escenarios y subescenarios

El propósito de este documento era contribuir a la conversación en la República Dominicana y analizar las vías facultativas que desarrollen un sistema eléctrico hacia la reducción del uso de combustible y el aumento de la energía renovable limpia. Es de esperar que este estudio ayude a comprender las mejores formas de avanzar, y los impactos de las decisiones tomadas hoy en día sobre el costo futuro de la electricidad, las emisiones, la fiabilidad del sistema y la capacidad de alcanzar los objetivos renovables del futuro.



---

## **SOBRE WÄRTSILÄ ENERGY BUSINESS**

- Wäartsilä Energy lidera la transición hacia un futuro con 100% renovable. Ayudamos a nuestros clientes a identificar el valor de una transición energética al optimizar sus sistemas energéticos y a mejorar sus activos. Nuestro portfolio de soluciones comprende plantas de generacion flexible, sistemas de gerenciamiento de energia, y almacenamiento así como también servicios durante todo el ciclo de la planta que permitirá incrementar su eficiencia y garantizar su performance. Wartsila tiene 72 GW de capacidad de plantas instaladas en 180 paises en el mundo.



[wartsila.com/energy](https://wartsila.com/energy)

WÄRTSILÄ® is a registered trademark. Copyright © 2020 Wärtsilä Corporation.  
Specifications are subject to change without prior notice.

