

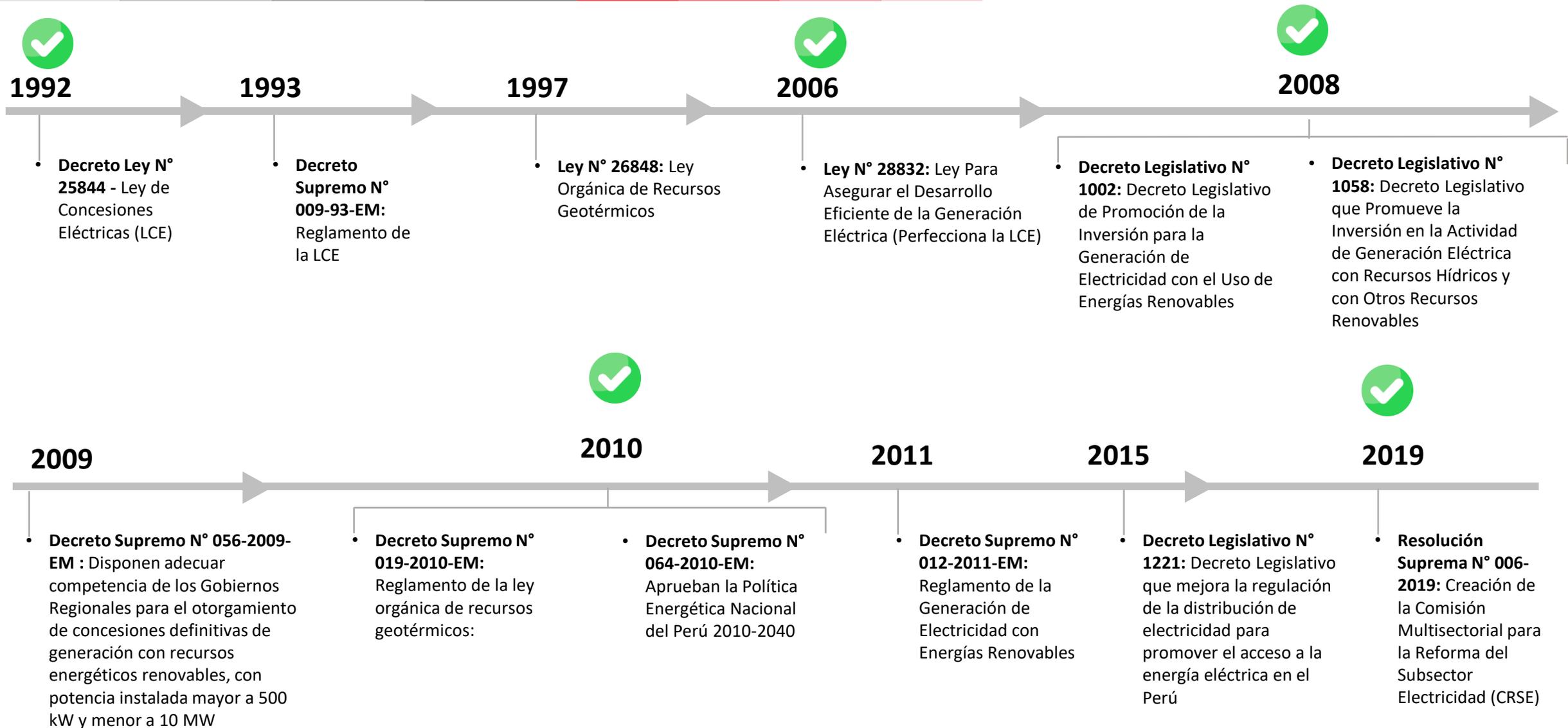
# LA GENERACIÓN EÓLICA EN EL PERÚ: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS

**Jaime E. Luyo Kuong**  
Viceministro de electricidad

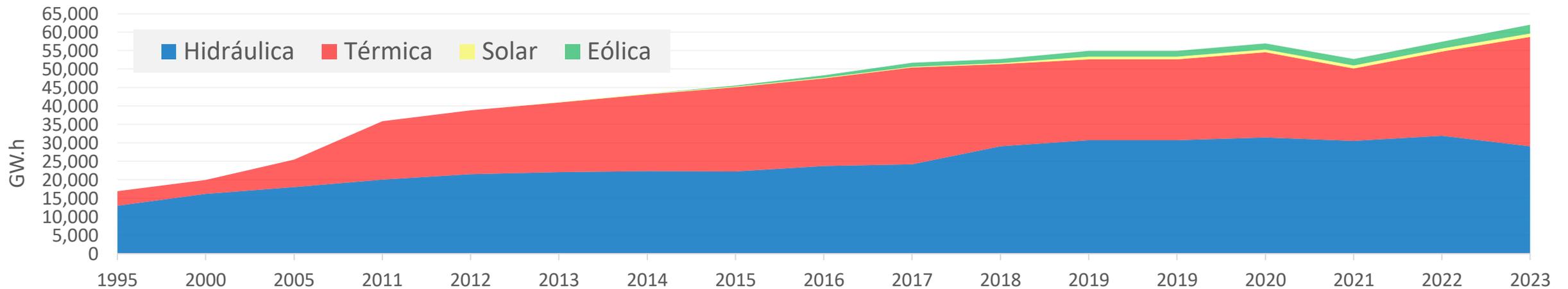
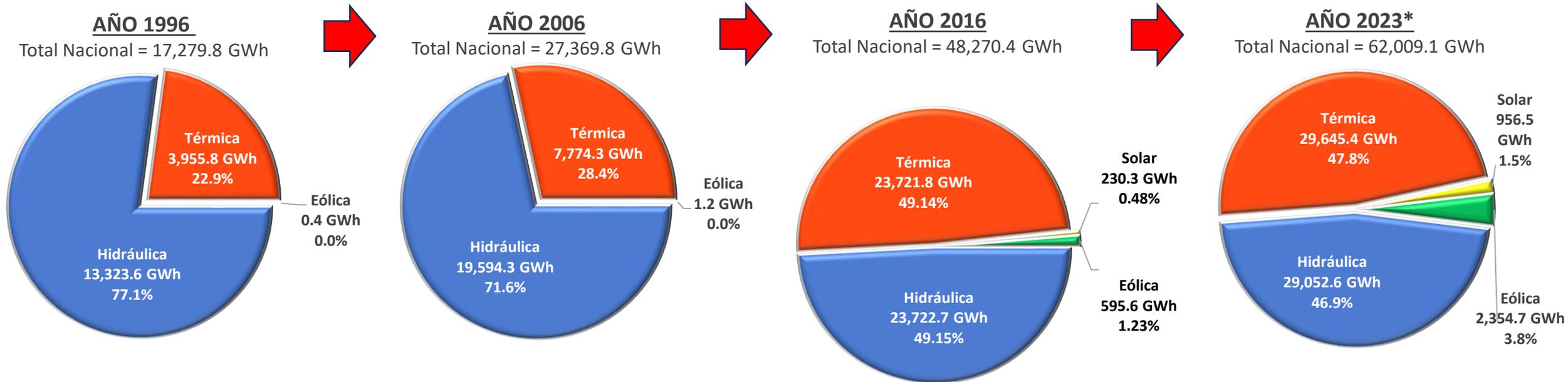
21 de Marzo de 2024

# **Energías renovables en la Generación eléctrica en el Perú**

# Avance normativo para la promoción de las energías renovables en el subsector electricidad

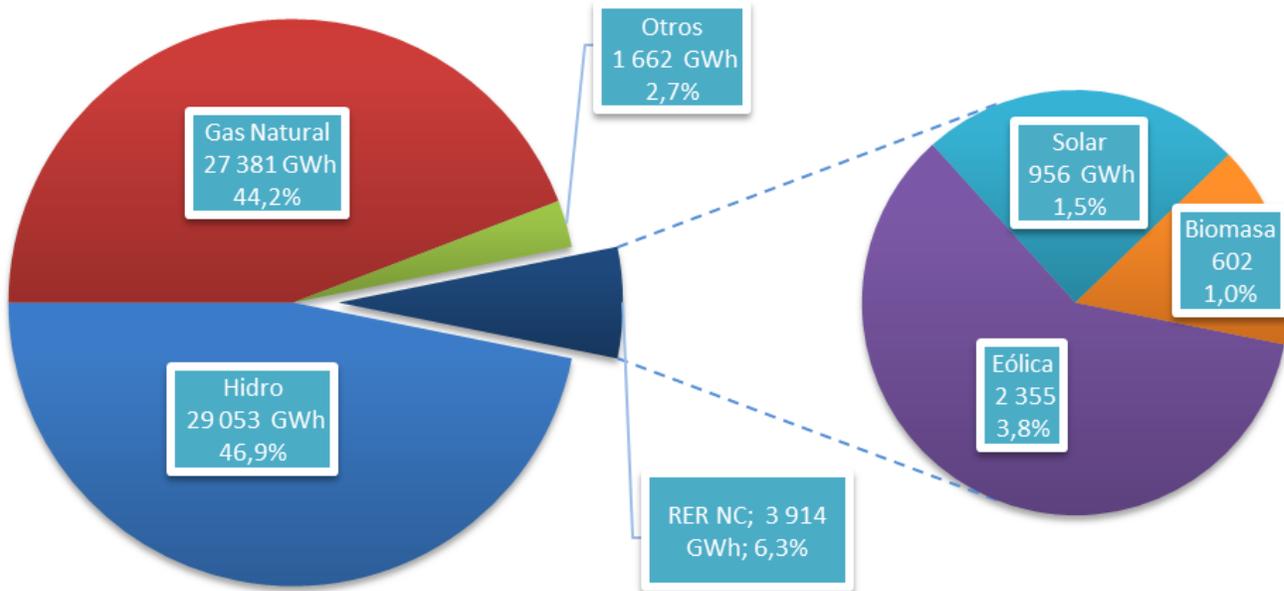


# Transición de la Matriz Eléctrica

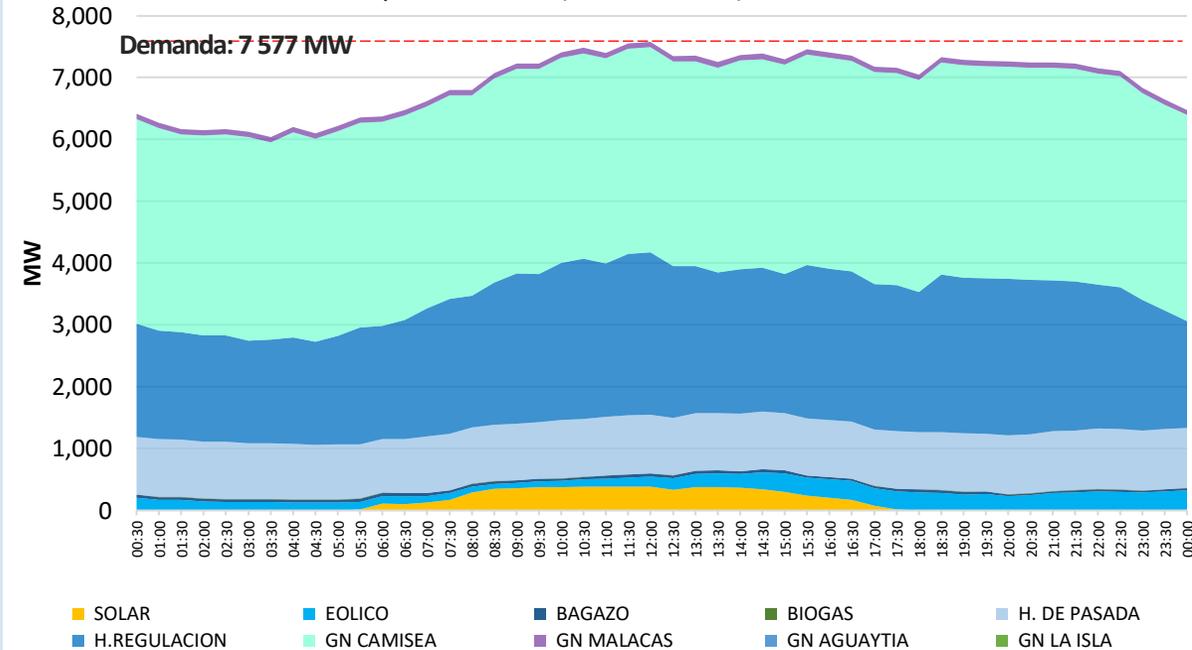


# Participación de las energías renovables en el sector eléctrico

Participación de las RER NC - 2023



Participación diaria (20 oct. 2023) de las RER NC



**Nota:**

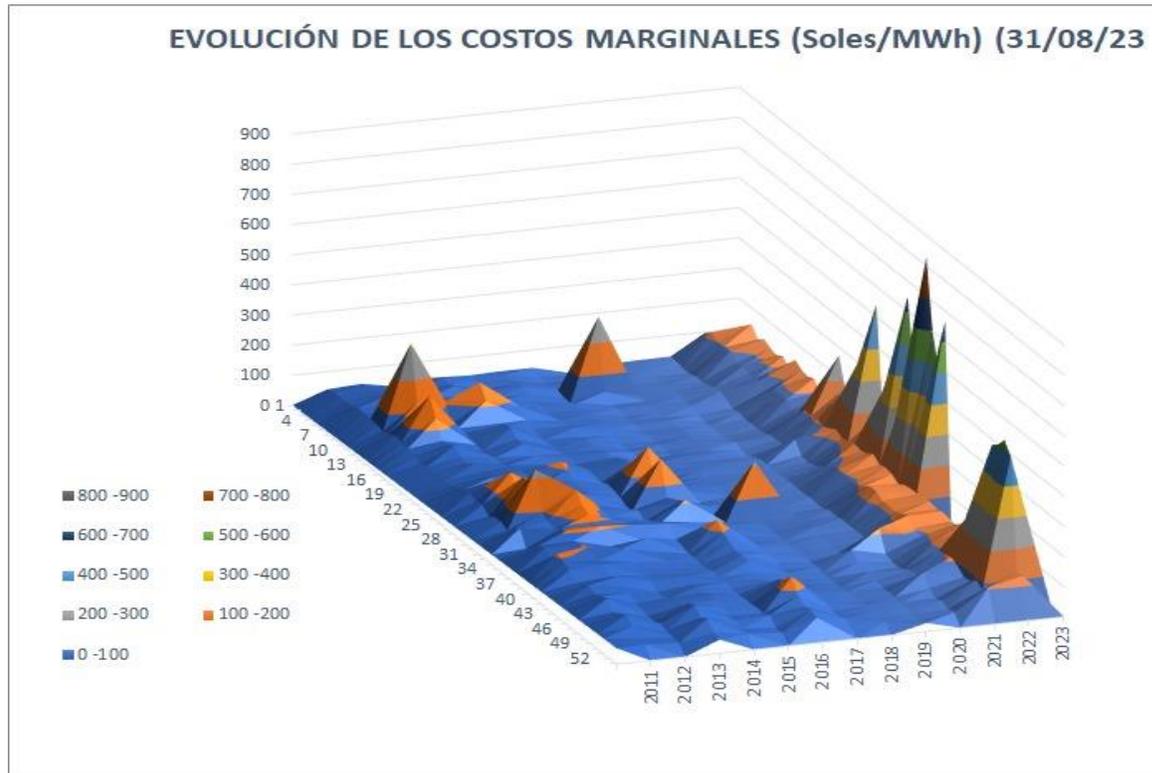
Otros: Diesel, Residual, Carbón y Vapor de cogeneración  
RER NC: Recursos Energéticos Renovables no convencionales

- La producción eléctrica nacional al cierre del 2023 fue de 62 009 GWh.

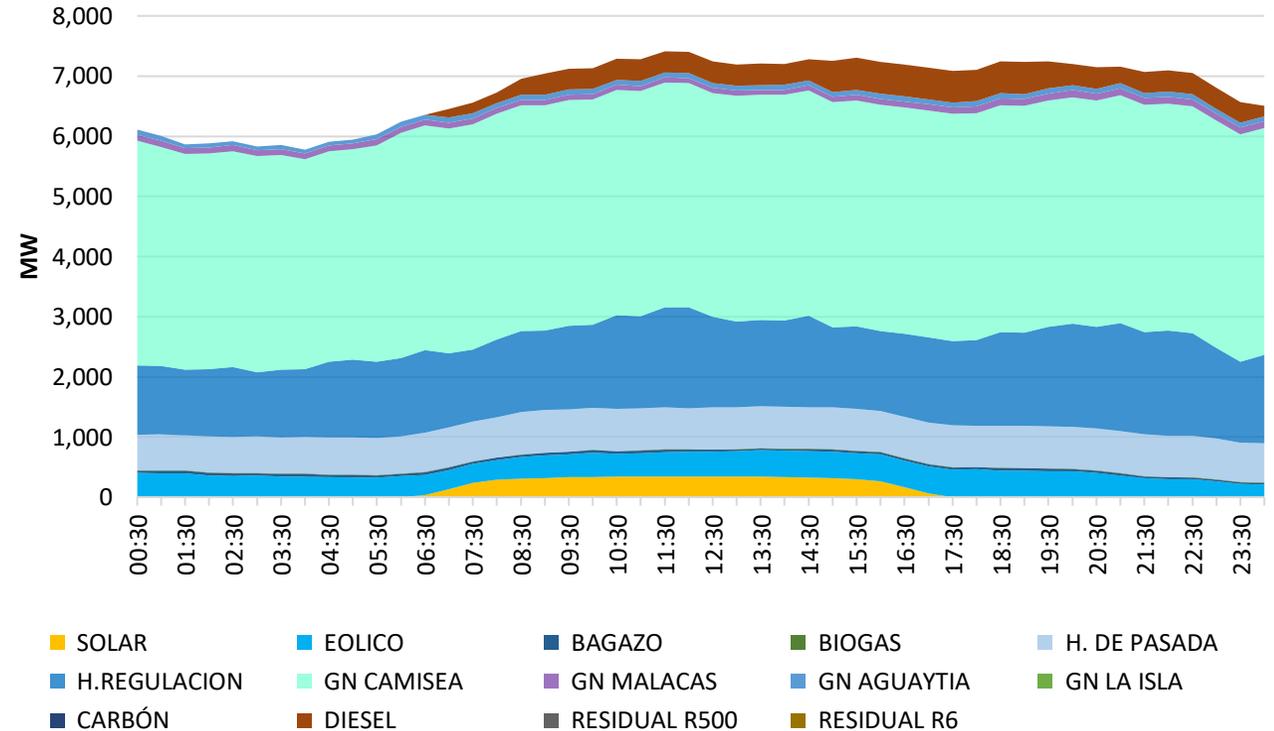
- La producción de energía eléctrica de las renovables NC contribuye a la atención de la demanda del sistema de acuerdo con sus características .
- La **energía eólica** tuvo presencia a lo largo de todo el día y la solar durante las horas de sol.

# Problemática del déficit hídrico en la generación eléctrica ( muestra agosto de 2023)

Costos Marginales (Soles/MWh) (31 ago. 2023)

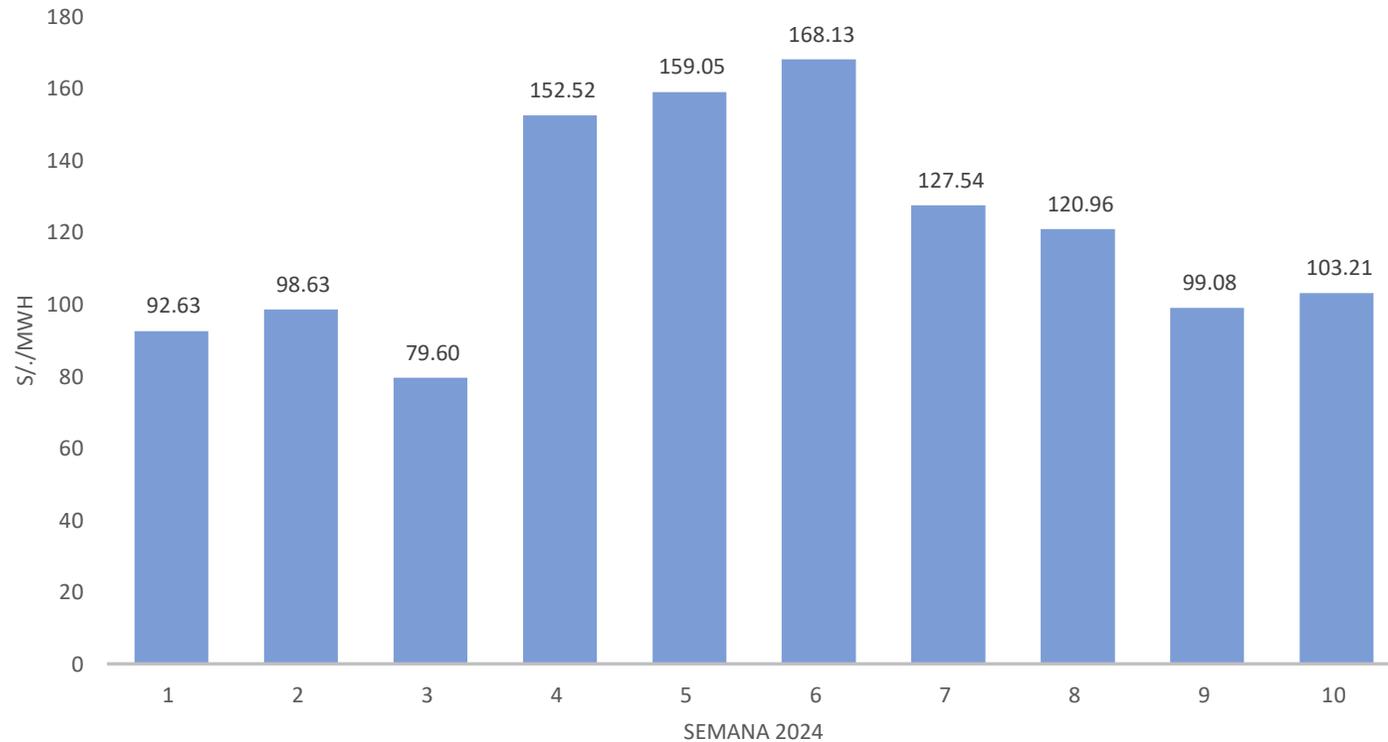


Participación diaria (31 ago. 2023)



- Durante la temporada de déficit hídrico se utilizaron plantas diésel de reserva fría para cubrir la punta de la demanda eléctrica. En este periodo el año 2023 coincidieron : sequía fuerte, mantenimiento de la C.H.E. Chaglla, paralización de C.H.E. Quitaracsá, ampliación extraordinaria del periodo de mantenimiento anual del gasoducto y planta de Camisea.
- Esta situación causó costos operativos y el Costo Marginal elevados en el mercado eléctrico.

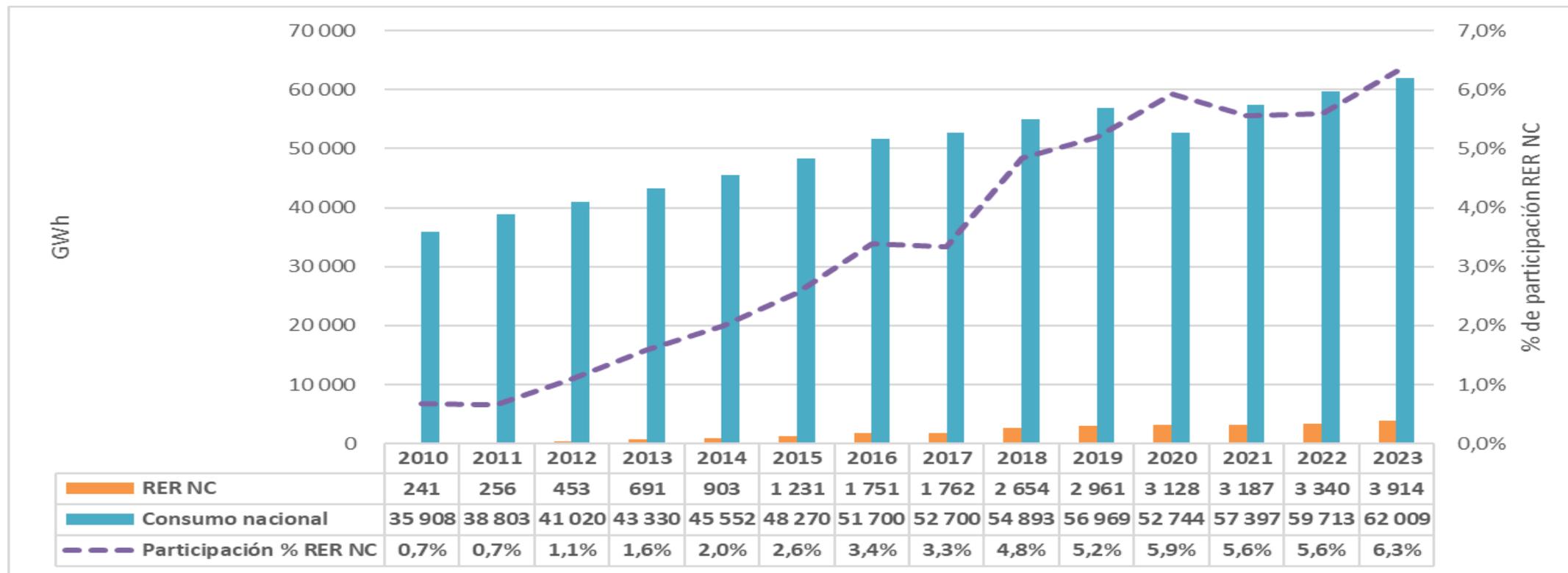
# Evolución del Costo Marginal en el año 2024



- Para el año 2024, los valores de los costos marginales han alcanzado la cifra de S/.120,13/MWh (US\$ 32,8/MWh) en promedio hasta la semana 10.
- El valor más alto que ha alcanzado el Costo Marginal es de 168,13 S./MWh (US\$ 45.32/MWh)

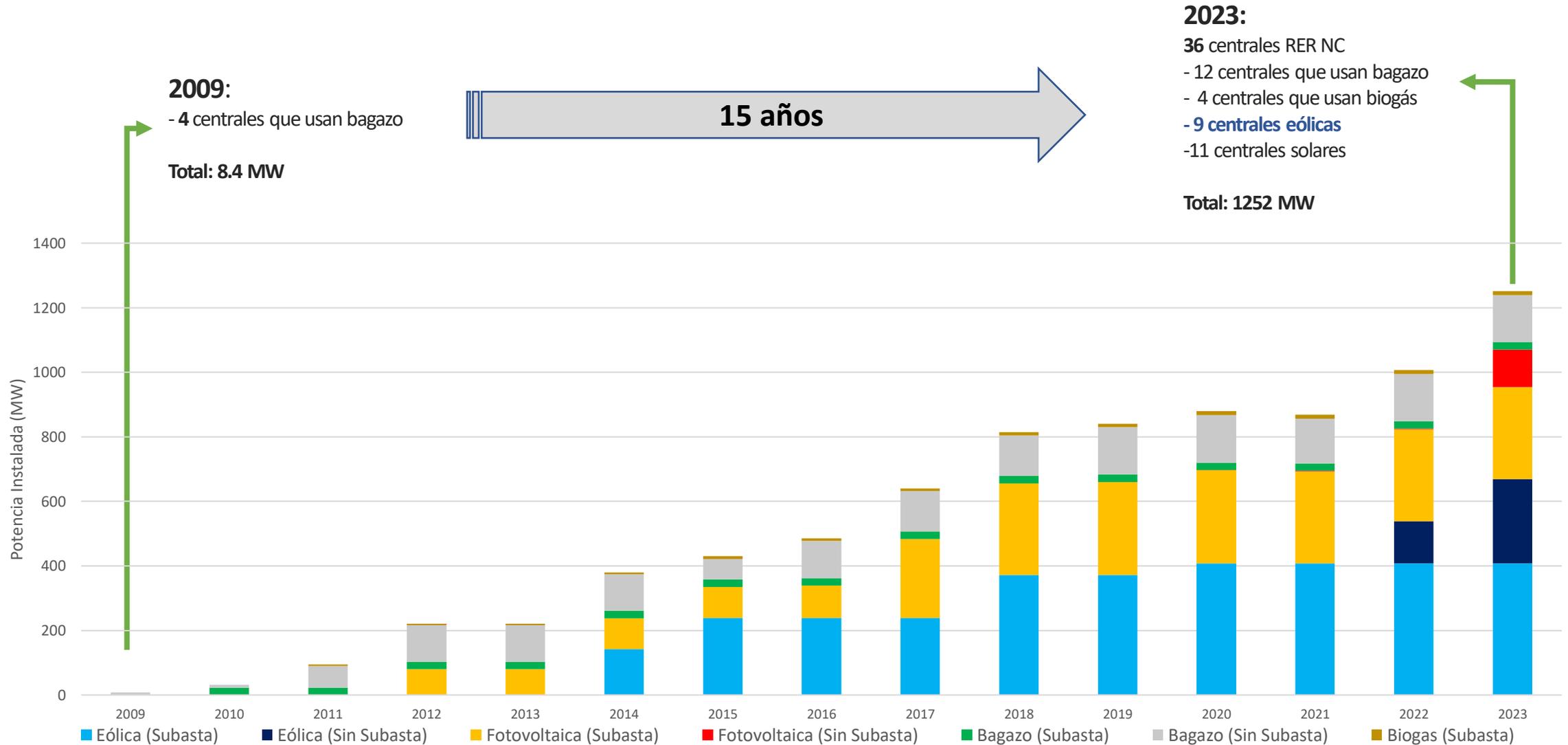
# Evolución anual de la participación de las RER NC en la producción eléctrica el Perú

Al cierre del 2023 la participación de las centrales RER NC alcanzó el 6,3% de la producción total nacional



- El mecanismo de promoción fueron las subastas RER realizadas en el marco del D.L. 1002.
- Al cierre del año 2023, la producción RER NC fue de 3 914 GWh.
- Entre el año 2010 y el 2023, la producción eléctrica RER NC creció en aproximadamente **16 veces**.

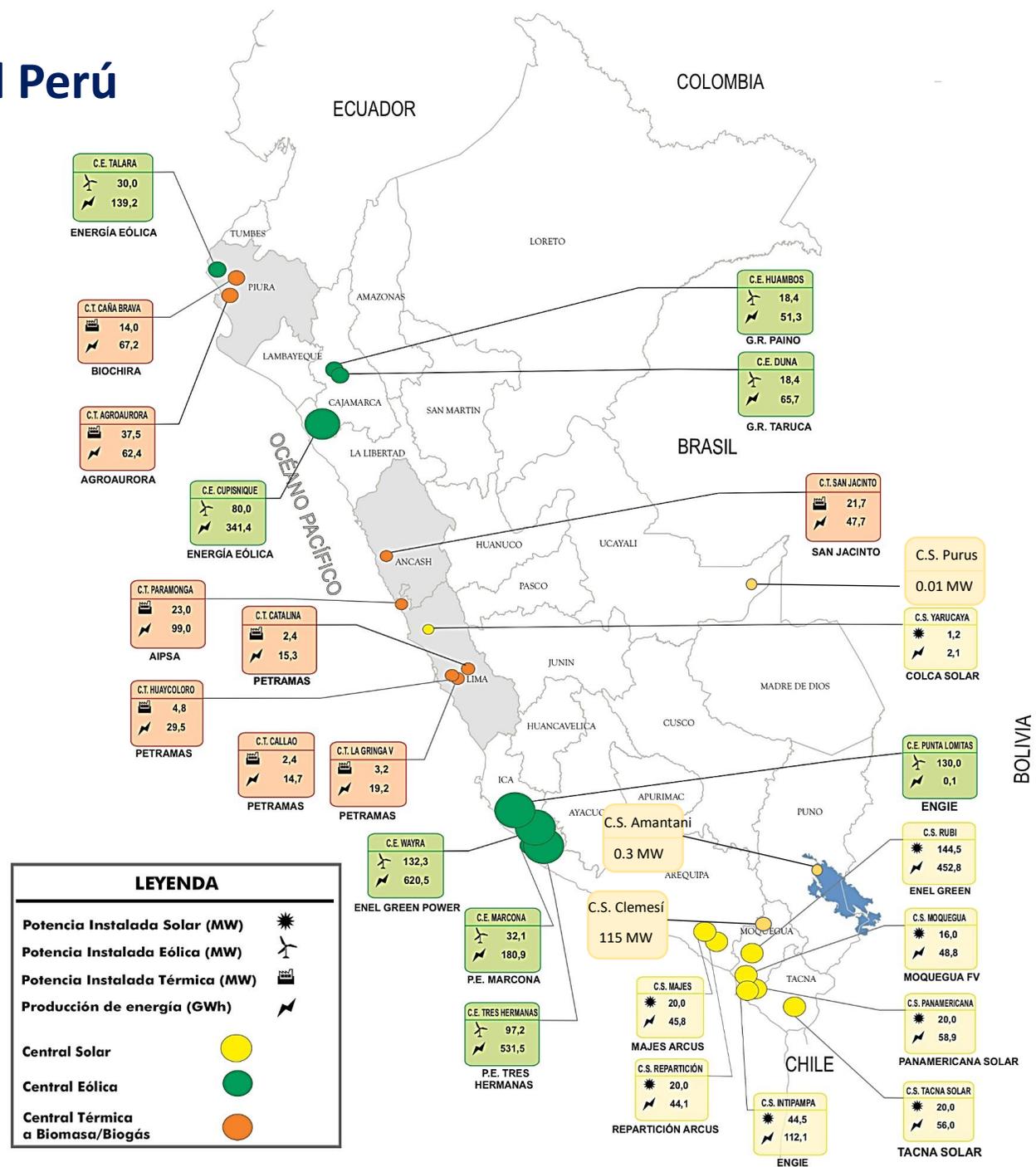
# Evolución de la capacidad instalada en RER NC en el sector eléctrico



2023: cifras al mes de julio

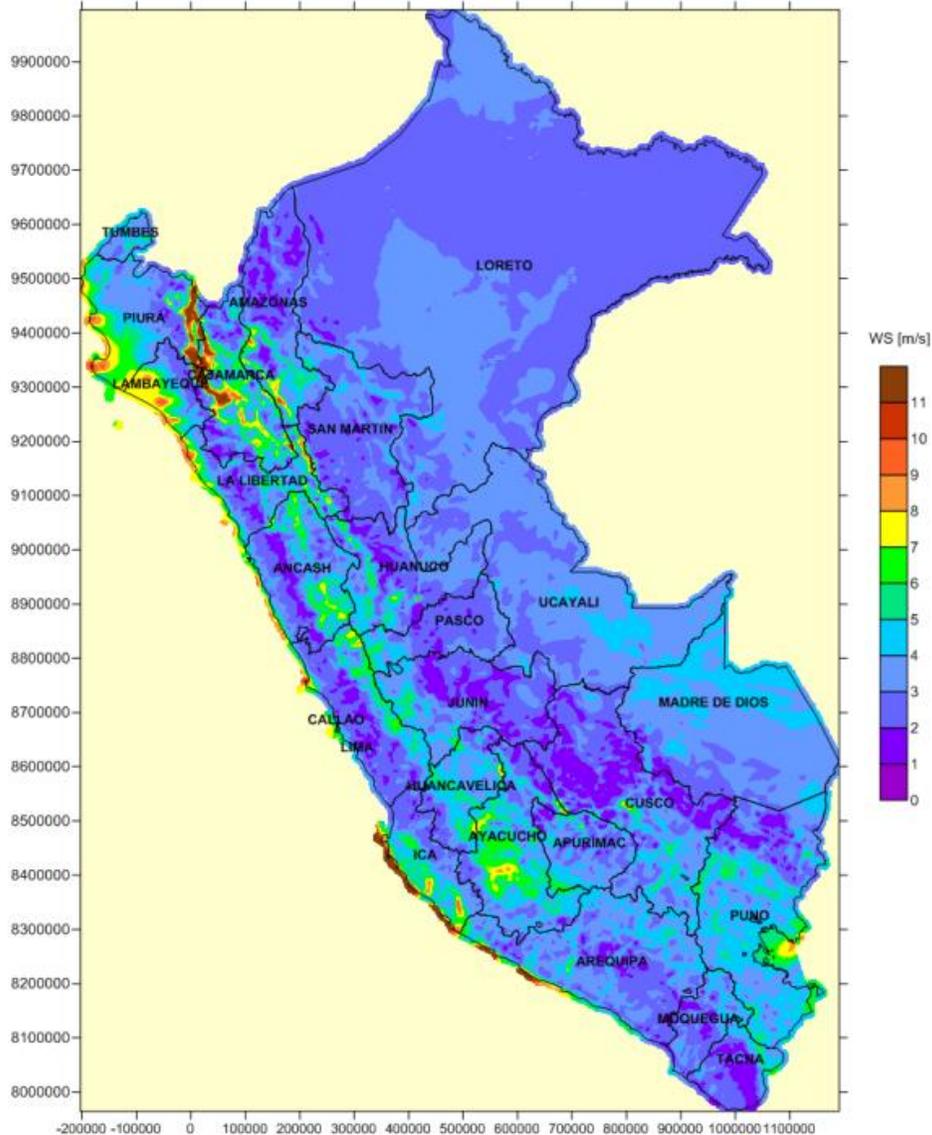
# Principales centrales RER NC en operación en el Perú

- 22 centrales RER NC ubicadas principalmente en toda la costa peruana.
- 6 centrales eólicas ubicadas en la zona de la costa, desde el sur medio hasta el norte del país.



# Energía eólica en el Perú

# Potencial eólico en el Perú



DEPARTAMENTO	POTENCIAL EÓLICO APROVECHABLE (MW)	POTENCIAL EÓLICO EXCLUÍDO (MW)	POTENCIAL EÓLICO TOTAL (MW)
Amazonas	129	288	417
Ancash	708	108	816
Apurímac	0	0	0
Arequipa	1020	156	1176
Ayacucho	0	0	0
Cajamarca	891	282	1173
Callao	0	0	0
Cuzco	0	0	0
Huancavelica	0	0	0
Huánuco	0	0	0
Ica	2280	3015	5295
Junín	0	0	0
La Libertad	921	264	1185
Lambayeque	7017	2097	9114
Lima	429	189	618
Loreto	0	0	0
Madre de Dios	0	0	0
Moquegua	0	0	0
Pasco	0	0	0
Piura	7098	1503	8601
Puno	0	0	0
San Martín	0	0	0
Tacna	0	0	0
Tumbes	0	0	0
Ucayali	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>20493</b>	<b>7902</b>	<b>28395</b>

- **Potencial técnico aprovechable: 20 GW**
- **2% del potencial es utilizado.**
- **9 regiones del país con potencial eólico**
- **Regiones con mayor potencial:**
  - Piura (7,098 MW)
  - Lambayeque (7,017 MW)
  - Ica (2,280 MW)
  - Arequipa (1,020 MW)
  - La Libertad (921 MW)
  - Cajamarca (881 MW)

# Centrales eólicas en operación comercial

Departamento	Central Eólica	Empresa	Capacidad Instalada (MW)
PIURA	C.E. TALARA	Energía Eólica S.A.	30,0
CAJAMARCA	C.E. DUNA	GR Taruca S.A.C.	18,4
	C.E. HUAMBOS	GR Paino S.A.C.	18,4
LA LIBERTAD	C.E. CUPISNIQUE	Energía Eólica S.A.	80,0
ICA	C.E. PARQUE EÓLICO MARCONA	Parque Eolico Marcona S.A.C.	32,1
	C.E. PUNTA LOMITAS	ENGIE Energía Perú S.A.	296,4
	C.E. SAN JUAN	Energía Renovable del Sur S.A.C.	131,1
	C.E. TRES HERMANAS	Parque Eolico Tres Hermanas S.A.C.	97,2
	C.E. WAYRA I	Enel Generación Perú S.A.A.	132,3
Capacidad Instalada (MW)			<b>835,8</b>

Cifras al mes de diciembre 2023



# Centrales eólicas en operación

**Wayra I (132 MW)**  
ENEL Green Power Perú S.A. en Ica



**Tres Hermanas (97 MW)**  
Parque Eólico Tres Hermanas S.A.C. en Ica



**Cupisnique (80 MW)**  
Energía Eólica S.A. en La Libertad



**Marcona (32 MW)**  
Parque Eólico Marcona S.A.C. en Ica



**Talara (30 MW)**  
Energía Eólica S.A. en Piura



**Huambos y Duna (18 MW c/u)**  
GR Paino S.A.C. y GR Taruca S.A.C. en Cajamarca



# Proyectos de centrales eólicas con concesión definitiva

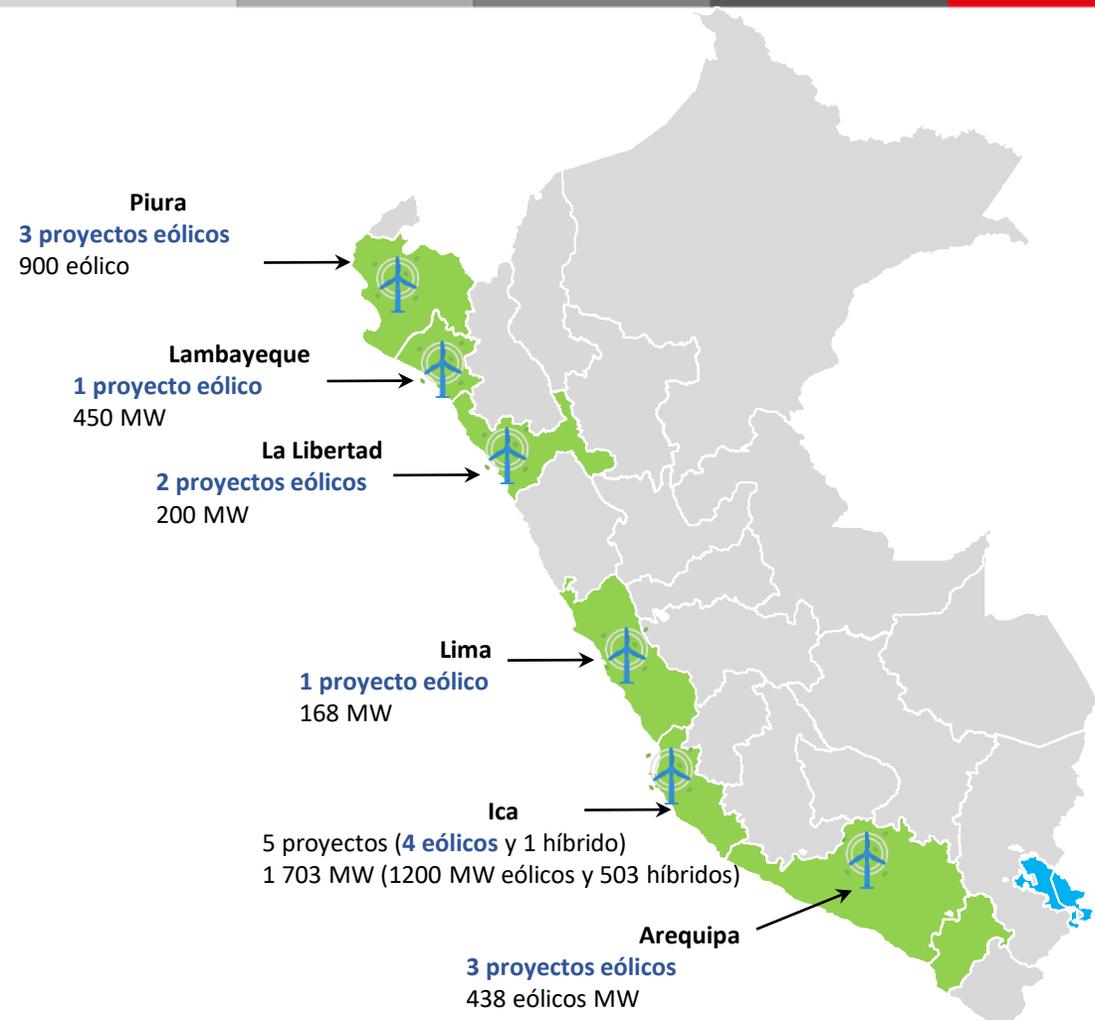


## 3 Centrales Eólicas

N°	Nombre de Proyecto	Estado	POC	Regiones involucradas	Avance % Avance actual	Capacidad instalada (MW)	Inversión (USD Millones)
1	C.E. Caravelí	Estudios	2026	Arequipa	0%	219,6	195,4
2	C.E. Parque Eólico San Juan	Construcción	2024	Ica	99%	131,1	127,9
3	C.E. Wayra Extensión	Construcción	2024	Ica	91%	108,0	148,4
<b>Total</b>						<b>458,7</b>	<b>471,7</b>



# Proyectos de centrales eólicas con concesión temporal

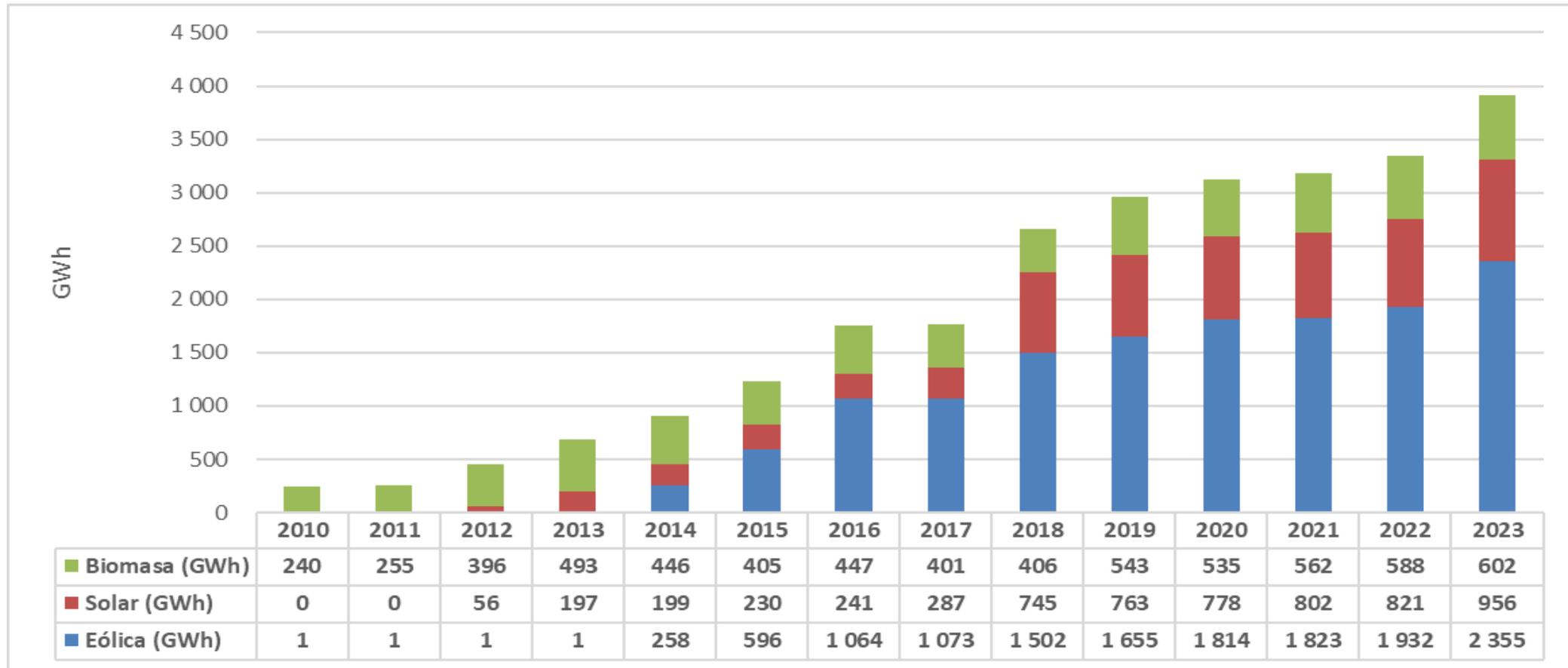


N°	Central	Pot. Inst. MW	Ubicación	Fecha de culminación de estudios
1	PARQUE EÓLICO VIENTOS DE NEGRITOS	150	Piura	2/09/2024
2	CENTRAL EÓLICA LA QUEBRADA	100	Ica	4/06/2024
3	CE. PARQUE EÓLICO PESCADORES	348	Arequipa	5/06/2024
4	CE. PARQUE EÓLICO PAMPAS	200	Ica	4/08/2024
5	CE. PARQUE EÓLICO QUERCUS	450	Lambayeque	23/10/2024
6	CE. PARQUE EÓLICO VIOLETA	450	Piura	23/10/2024
7	PARQUE EÓLICO MALABRIGO	100	La Libertad	8/12/2024
8	PARQUE EÓLICO HUÁSCAR	300	Piura	20/02/2025
9	STONE	100	La Libertad	29/03/2025
10	ACARÍ 2	50	Arequipa	30/03/2025
11	AYLLU	600	Ica	12/04/2025
12	COSTA PERÚ	222	Piura	30/08/2025
13	PARQUE EÓLICO AMARA	252	Ica	13/01/2026
14	PARQUE EÓLICO VIENTOS DE NEGRITOS II	150	Piura	7/02/2026
15	BOMBEROS	150	Piura	10/02/2026
<b>Total</b>		<b>3622</b>		

**15 proyectos eólicos que representan 3,622 MW**

Se prevé que estos estudios terminen entre el 2024 y el 2026

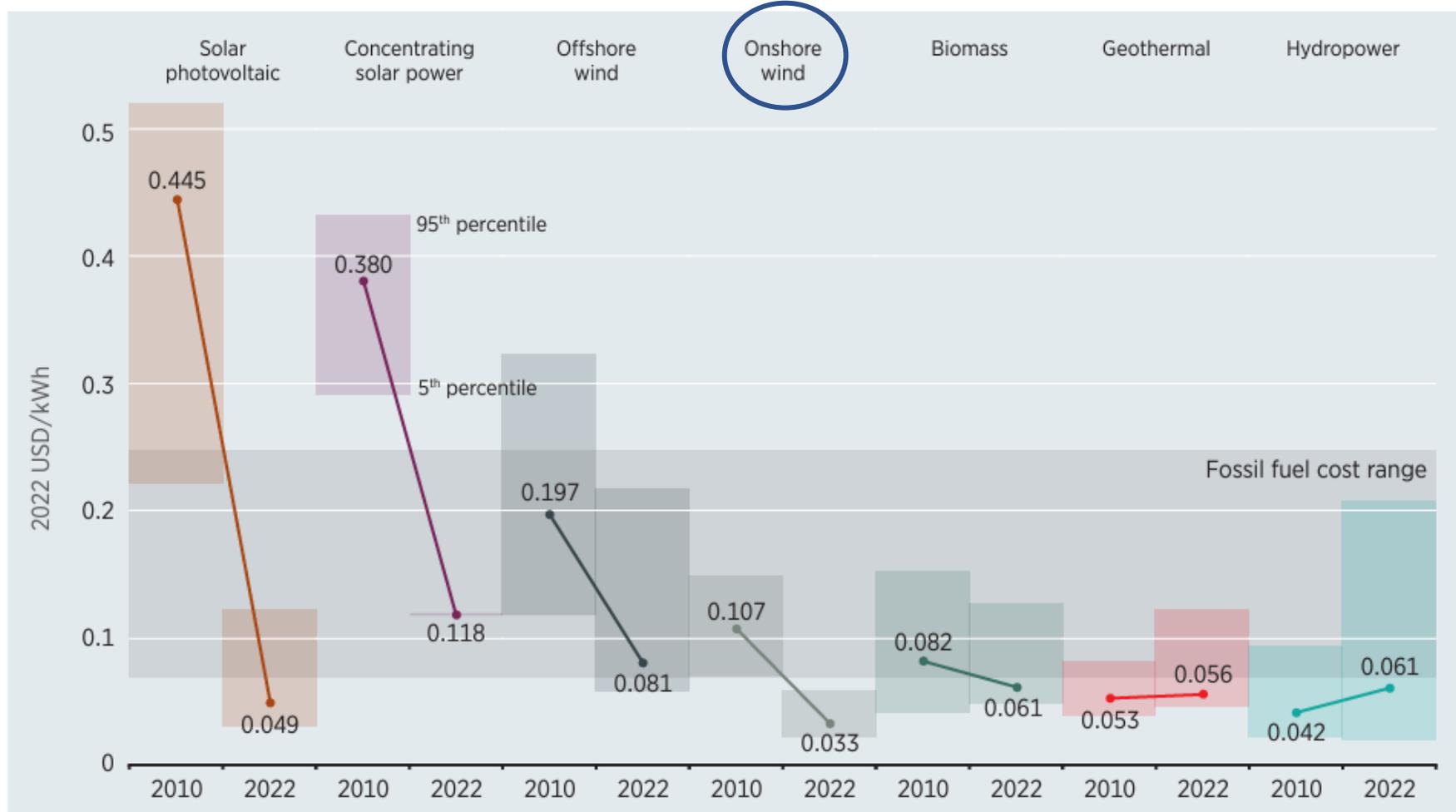
# Participación de la energía eólica en la producción eléctrica RER



La energía eólica es la que experimentó el mayor crecimiento

# Competitividad de la energía eólica

Costo nivelado por energía global de las nuevas tecnologías de energía renovable a escala comercial



**Note:** These data are for the year of commissioning. The thick lines are the global weighted average LCOE value derived from the individual plants commissioned in each year. The LCOE is calculated with project-specific installed costs and capacity factors, while the other assumptions, including weighted average cost of capital (WACC), are detailed in Annex I. The grey band represents the fossil fuel-fired power generation cost in 2022, assuming that 2021 fossil gas prices were the correct lifetime benchmark rather than the crisis prices of 2022. While the bands for each technology and year represent the 5<sup>th</sup> and 95<sup>th</sup> percentile bands for renewable projects.

# Complementariedad Hidro – Eólica en el Norte de Perú

Complementarity results to insurable values-Pearson Coefficient

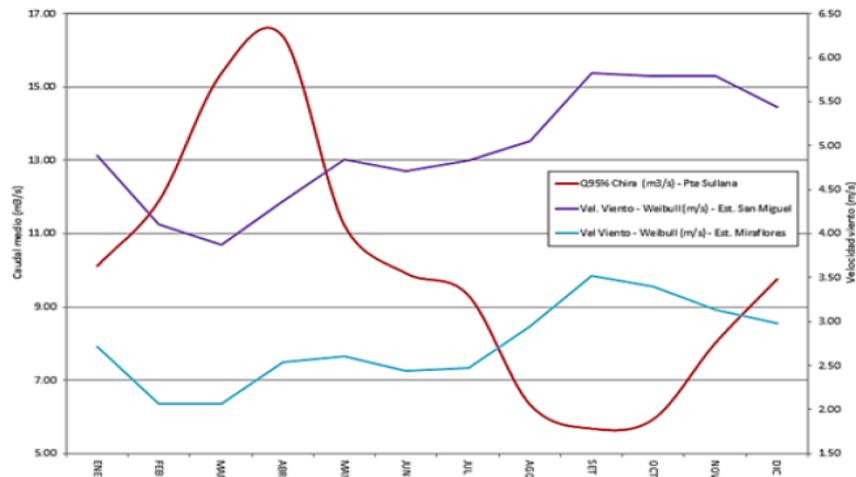
Variables	$\delta$
QCC-ESM	-0.83
QCC-EMI	-0.78
QCS-ESM	-0.81
QCS-EMI	-0.77

QCC: Flows (m<sup>3</sup>/s) with El Niño – Pte. Sullana ;

QCS: Flows (m<sup>3</sup>/s) without Niño – Pte. Sullana

ESM Wind velocity (m/s) – Est. San Miguel ;

EMI: Wind velocity (m/s) – Est. Miraflores

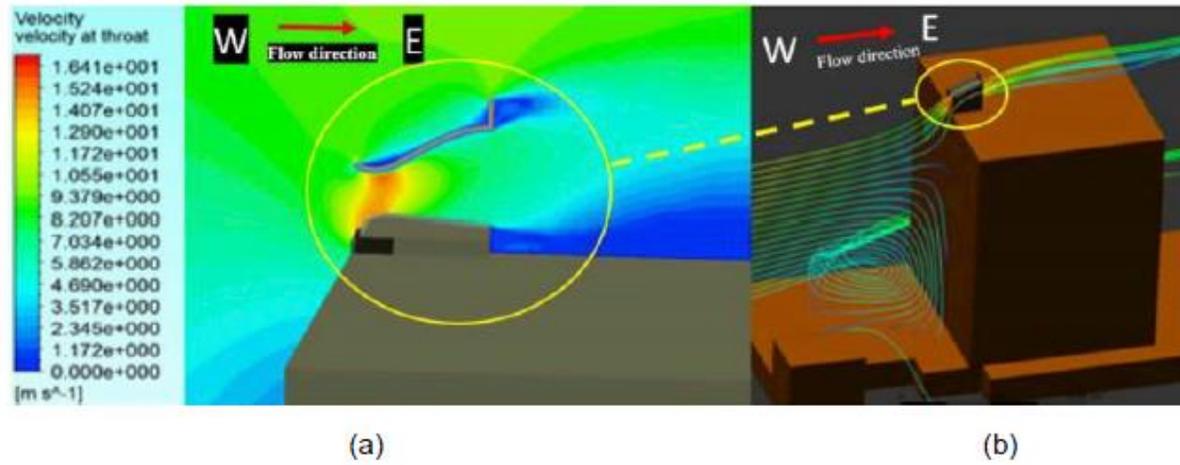


Ref: L. Castillo N., A. Ortega M. and Jaime E Luyo, *Climate conditions of the “El Niño” phenomenon for a hydroeolic complementarity project in Peru*, 7th International Conference on Clean and Green Energy-ICCGE 2018.

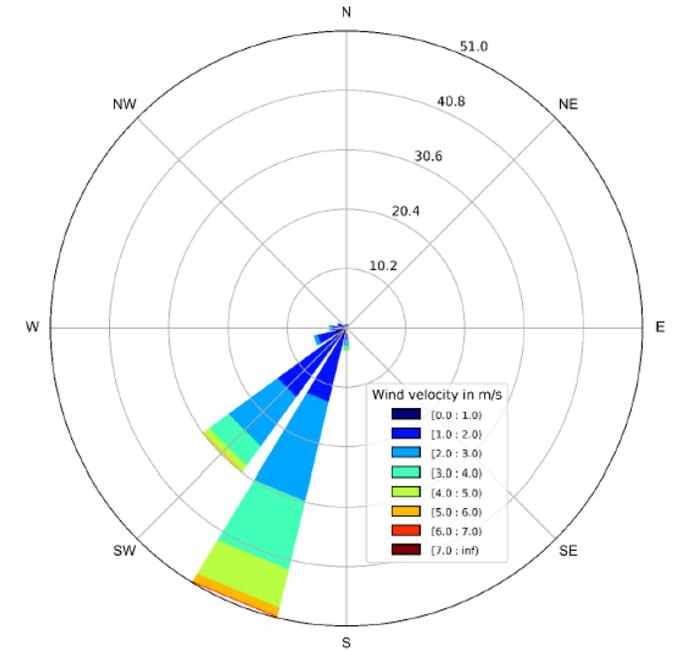
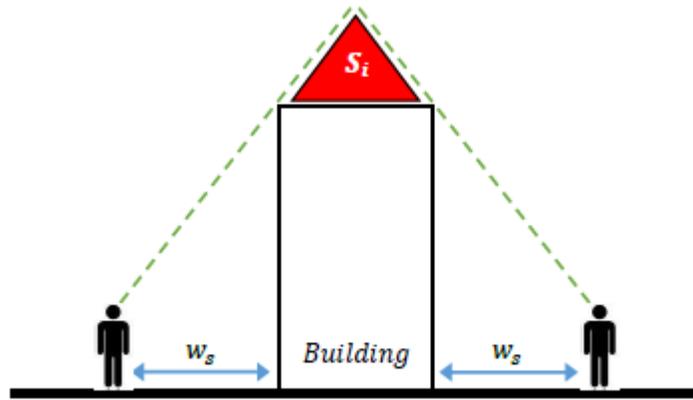
Comparison of flow rate regime with wind speed at monthly level

# Aerogeneradores urbanos: actual tendencia

Mecanismo difusor con bridas instalado sobre la azotea de un edificio



(a) Contornos de velocidad en el plano de simetría. (b) Líneas de flujo de velocidad en perspectiva. Tomado de Dilimulati et al. (2018).



Ocurrencia de velocidades de viento (%)

Intervalo (m/s)	$U_{prom}$ (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
[0 - 1>	0.64	0.59	0.57	0.36	0.13	0.09	0.06	0.09	0.08
[1 - 2>	1.56	0.03	0.03	0.06	0	0	0	0.01	0.02
[2 - 3>	2.44	0	0	0	0	0	0	0	0
[3 - 4>	3.43	0	0	0	0	0	0	0	0
[4 - 5>	4.38	0	0	0	0	0	0	0	0
[5 - 6>	5.30	0	0	0	0	0	0	0	0
[6 - 7>	6.23	0	0	0	0	0	0	0	0
[7 - 7.4]	7.21	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		0.62	0.60	0.42	0.13	0.09	0.06	0.10	0.10
Intervalo (m/s)	$U_{prom}$ (m/s)	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
[0 - 1>	0.64	0.59	1.93	2.55	2.00	1.49	0.89	0.74	0.59
[1 - 2>	1.56	1.39	11.13	12.13	3.12	0.97	0.57	0.10	0.07
[2 - 3>	2.44	1.10	17.37	10.46	0.69	0.46	0.19	0.02	0
[3 - 4>	3.43	0.67	12.08	4.11	0.06	0.13	0.03	0	0
[4 - 5>	4.38	0.16	6.76	1.27	0	0.01	0	0	0
[5 - 6>	5.30	0.01	1.56	0.23	0	0	0	0	0
[6 - 7>	6.23	0	0.17	0.03	0	0	0	0	0
[7 - 7.4]	7.21	0	0.02	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		3.92	51.02	30.78	5.88	3.07	1.68	0.87	0.66

**Qué se viene ....**

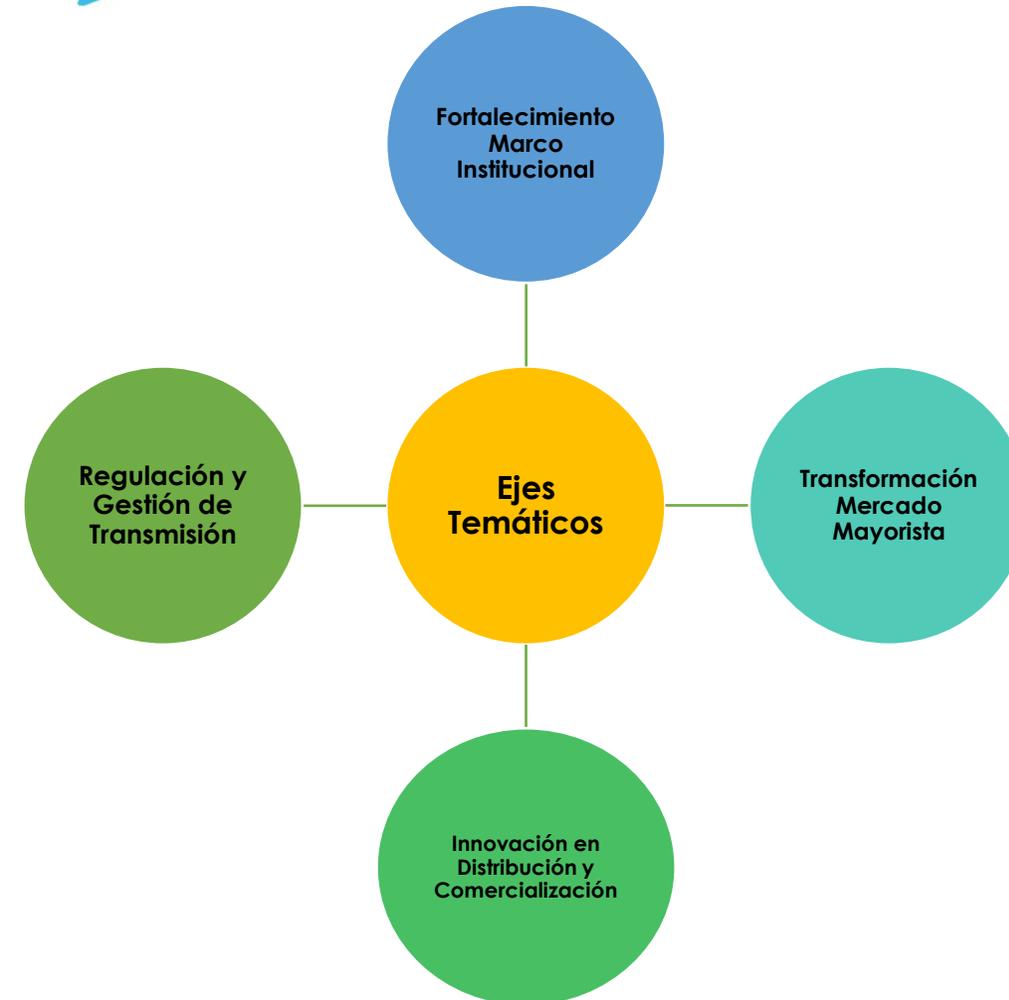
# Modernización de la regulación del sector eléctrico



**CRSE**

Comisión Multisectorial para la  
Reforma del Subsector Electricidad

- ❑ La **Comisión Multisectorial para la Reforma del Subsector Electricidad (CRSE)** fue creada mediante Resolución Suprema N° 006-2019.
- ❑ **Objetivo de la CRSE:** Elaborar el Libro Blanco el cual permitirá la modernización del sistema eléctrico peruano.
- ❑ El **Libro Blanco** contendrá propuestas legislativas institucionales y reformas normativas, para fortalecer el marco institucional, que impulsen la modernización y resuelvan los desafíos encontrados en la industria eléctrica.
- ❑ **Objetivo de la modernización de la regulación:** Asegurar la suficiencia de la generación, la incorporación de energías renovables, la medición inteligente, la generación distribuida, el empoderamiento de la demanda y el desarrollo armónico de los sectores de electricidad y gas natural, entre otros.
- ❑ **Ejes temáticos del Libro Blanco:**
  - Fortalecimiento del marco institucional,
  - Transformación del mercado mayorista,
  - Innovación de la distribución, y
  - Simplificación de la regulación y de la gestión de transmisión.



# Mayor participación de las energías renovables como parte de la transformación mercado de electricidad peruano

Se debe establecer un modelo más eficiente para el mercado eléctrico mayorista a fin de enfrentar los retos de:

- mayor participación de los RER.
- La seguridad de suministro y lograr precios competitivos y asequibles.

Para ello se requiere:

- el rediseño del mercado de corto plazo y del mercado de suficiencia de generación.
- La integración eficiente de las energías renovables, el almacenamiento de energía, la gestión de la demanda y la implementación progresiva de un mercado de servicios complementarios.

Así mismo, se debe aperturar progresivamente un mercado eléctrico minorista

Incorporando nuevos agentes y tecnologías como:

- los comercializadores, prosumers, agregadores, VHEs, operadores DSO y otros.
- La generación distribuida, redes y medidores inteligentes, servicios de gestión de datos, y otros.



# Propuesta de modificación de la Ley 28832 presentada al Congreso (1/2)

## ❑ Objetivo del proyecto de ley

Incrementar la competencia en la actividad de generación de energía eléctrica y promover una mayor participación de energías renovables (solar, eólica), a fin de contar con energía eléctrica de menor costo y menos contaminante, lo que contribuirá a reducir las tarifas eléctricas de los 8.7 millones de usuarios regulados a nivel nacional.

## ❑ Beneficio del proyecto de ley

**Predictibilidad y transparencia:** las empresas distribuidoras publicarán anualmente una programación de sus procesos de licitaciones de suministro de electricidad para sus usuarios regulados, en los que se indicarán las cantidades de potencia y/o energía que necesitan y los plazos de duración del suministro.

*Cabe precisar que estos valores pueden ser actualizados previa aprobación del Osinergmin*



**Compra de potencia y energía de forma separada o conjunta o a través de bloques de energía:** permitirá la participación de todas las tecnologías de generación eléctrica en las licitaciones de suministro de las empresas distribuidoras. En la Ley actual se obliga a contratar potencia y energía de manera conjunta, lo que limita la participación de las centrales de generación solar.

# Propuesta de modificación de la Ley 28832 presentada al Congreso (2/2)

La **reducción de las tarifas eléctricas** se obtendría como resultado de procesos de licitación predecibles y competitivos en los que participen todas las tecnologías de generación existentes.

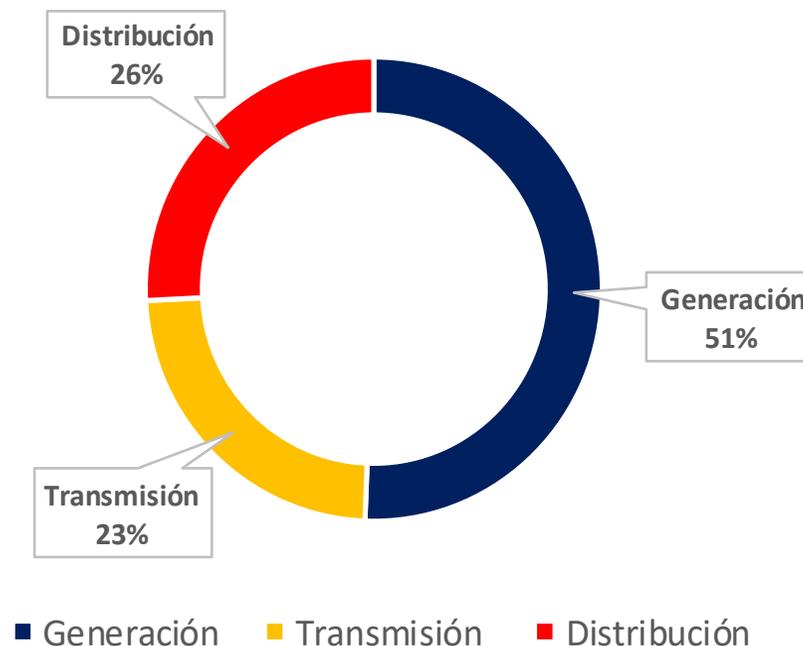


La tarifa que pagan los usuarios regulados cubre los costos de las actividades distribución, transmisión y generación: esta última representa aproximadamente el 50% de la tarifa.



Por lo tanto, si se reducen los costos de generación, se conseguirá una **reducción de las tarifas eléctricas pagadas por los usuarios.**

## Costos considerados en las tarifas eléctricas



**Facilitará la construcción de nuevas centrales de generación de electricidad RER y la diversificación de la matriz:** esto asegurará el abastecimiento de energía a los usuarios de manera oportuna y a precios competitivos, como resultado de las licitaciones de suministro que efectúen las empresas distribuidoras. Actualmente, la capacidad de las fuentes de generación de bajos costos con las que cuenta el sistema eléctrico peruano ha llegado al límite de su capacidad y se están utilizando, cada vez con mayor frecuencia, fuentes de generación que utilizan combustible diésel, que son las más caras y contaminantes.

Dictamen recaído en los Proyectos de Ley 2139/2021-CR, 3662/2022-CR, 4565/2022-PE y 4748/2022-CR, mediante el cual se propone, con texto sustitutorio, la "Ley que modifica la Ley 28832, Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica, a fin de garantizar el abastecimiento seguro, confiable y eficiente del suministro eléctrico y promover la diversificación de la matriz energética".

**LEY QUE MODIFICA LA LEY 28832, LEY PARA ASEGURAR EL DESARROLLO EFICIENTE DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA, A FIN DE GARANTIZAR EL ABASTECIMIENTO SEGURO, CONFIABLE Y EFICIENTE DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO Y PROMOVER LA DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA**

**Artículo 1.** Modificación de los artículos 1, 3, 4, 8 y 31, y de las disposiciones complementarias finales segunda y séptima de la Ley 28832, Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica

Se modifican los artículos 1, 3, 4, 8 y 31, y las disposiciones complementarias finales segunda y séptima de la Ley 28832, Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica, en los siguientes términos:

**Artículo 1. Definiciones**

[...]

**1. Agentes.** Denominación genérica dada al conjunto de generadores, transmisores, distribuidores, usuarios libres y **proveedores de servicios complementarios.**

[...]

**31. Servicios Complementarios.** Servicios necesarios para asegurar **el** transporte y **suministro** de la electricidad desde la generación hasta la demanda, **considerando las necesidades de seguridad** y calidad de los sistemas eléctricos y las características tecnológicas de los equipos que brindan los servicios complementarios.

[...]

**Artículo 3. De los contratos**

**3.1.** Ningún generador **puede** contratar con usuarios libres y distribuidores más potencia **firme y/o** energía firme que las propias y las que tenga contratadas con terceros.

[...]

**Artículo 4. La Licitación como medida preventiva para el abastecimiento oportuno de energía eléctrica**

[...]

DICTAMEN 30 DE LA COMISIÓN DE ENERGÍA Y MINAS  
DE LOS PROYECTOS DE LEY 2139/2021-CR, 3662/2022-CR,  
4565/2022-PE y 4748/2022-CR  
"Proyecto de Ley que modifica la Ley 28832"

**PENDIENTE PARA SU APROBACIÓN  
EN EL PLENO DEL CONGRESO**

## **MEDIDAS A MEDIANO PLAZO**

- a) Gestionar la ejecución de Proyectos del Plan de Transmisión 2023-2032**
- b) Actualizar la Política Energética Nacional al 2050**
- c) Elaborar el Plan Energético Nacional al 2050**
- d) Promover la creación del Órgano de Planificación Energética (mediano-largo plazo)**

- e) Concluir la elaboración del Libro Blanco de Reforma del subsector eléctrico**
- f) Promover las inversiones para la expansión de la generación eléctrica con fuentes RER**
- g) Hacer seguimiento al proceso de Interconexión eléctrica Perú-Ecuador**

**Gracias**

## ÓRGANO OFICIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

////////////////////////////////////  
AÑO LIX LIMA 19 DE MARZO DE 2024 NÚMERO 022  
////////////////////////////////////



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Escuela de Posgrado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Escuela de Posgrado

Se invita a la comunidad universitaria a participar de la videoconferencia de la defensa pública virtual de la Tesis de **DOCTORADO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ENERGÉTICA**, del M.Sc. Dheybi Grover Cervan Prado, a realizarse el día lunes 01 de abril, a las 14h00.

### TÍTULO DE LA TESIS:

**“MODELO DE SIMULACIÓN SECUENCIAL DE MONTE CARLO PARA EVALUAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA CONJUNTO DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN ELÉCTRICA DEL PERÚ”**

ASESOR

**Dr. JAIME EULOGIO LUYO KUONG**  
Profesor del Programa doctoral en Ciencias con mención en Energética  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

CO ASESOR

**DR. ALBERTO CORONADO MATUTTI**  
Docente Principal  
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR - UNTELS

### RESUMEN

La tendencia mundial actual es aumentar la integración de tecnologías de fuentes de energía renovables, almacenamiento de energía y vehículos eléctricos en la red eléctrica. Sin embargo, estas tecnologías disminuyen la inercia global del sistema eléctrico e incrementan la incertidumbre en la producción de energía eléctrica.

En la planificación de la expansión de la infraestructura eléctrica para disponer de un suministro de energía asequible, confiable y oportuno, es fundamental la evaluación de la confiabilidad de un sistema de generación y transmisión para determinar la capacidad del sistema eléctrico de potencia para el suministro de electricidad a todos los puntos de utilización dentro de los estándares aceptados y en las cantidades requeridas, considerando las condiciones que pueden reducir la capacidad de generación y de transmisión eléctrica, tales como mantenimientos programados, salidas forzadas o variabilidad de los recursos renovables. La evaluación de la confiabilidad mide cuánto tiempo, con qué frecuencia y en cuánta cantidad puede existir esta deficiencia de suministro durante la operación del sistema conjunto de generación y transmisión.

Para definir un estándar de confiabilidad, es necesario seleccionar el modelo apropiado para calcular los índices de confiabilidad; por lo que el objetivo de la tesis es desarrollar un modelo de simulación secuencial de Monte Carlo para evaluar la confiabilidad del sistema conjunto de generación y transmisión eléctrica del Perú.



Se presenta la aplicación de muestreo estratificado basado en clústeres para acelerar la simulación secuencial de Monte Carlo. Este nuevo modelo se basa en la aplicación de aprendizaje automático no supervisado para establecer clústeres, lo cual incrementa la eficiencia de cálculo en la evaluación de la confiabilidad. Se ha procedido a analizar el impacto del nivel de detalle del modelamiento de la red de transmisión en la evaluación de confiabilidad del sistema conjunto de generación y transmisión. Este análisis proporciona una línea base para futuras investigaciones en la evaluación de confiabilidad del sistema conjunto de generación y transmisión eléctrica del Perú.

El modelo de confiabilidad desarrollado puede ser utilizado como una herramienta de planificación y toma de decisiones en políticas energéticas, mejorando el desarrollo sostenible del sistema eléctrico peruano. Además, esta investigación puede servir como base para la capacitación de ingenieros peruanos en el campo de la confiabilidad de los sistemas de generación y transmisión eléctrica, fortaleciendo el recurso humano local y la autosuficiencia en este campo crítico.

### ENLACE

La Escuela de Posgrado UNI le está invitando a una reunión de Zoom programada.

Tema: **SUSTENTACIÓN DE TESIS DOCTORAL**

FECHA: **Lunes 01 de abril 2024**

HORA: **14h00 Lima**

Entrar Zoom Reunión

<https://us02web.zoom.us/j/89470667669?pwd=dmVBU3VpRDdl1elBMOUZQU012M01pZz09>

ID de reunión: **894 7066 7669**

Código de acceso: **475534**



Atentamente,

**M. SC. SONIA ANAFAN-ULLOA**  
SECRETARÍA GENERAL