



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

CONSEJO DEPARTAMENTAL DE LIMA  
CAPÍTULO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
MECÁNICA ELÉCTRICA



**CIPLIMA**TV



@ciplimatv

# “La Reforma y Modernización del Sector Eléctrico peruano”

**Dr. Jaime E. Luyo**

**Director**

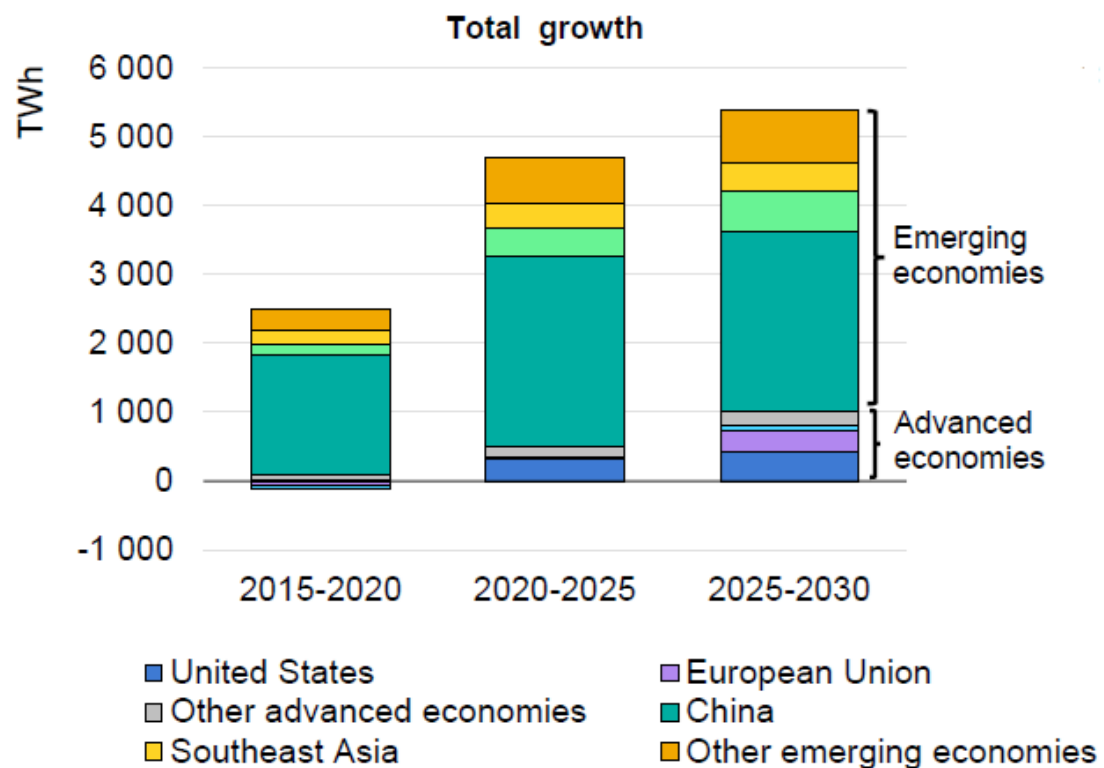
**csdi**

Competitiveness and Sustainable Development Institute

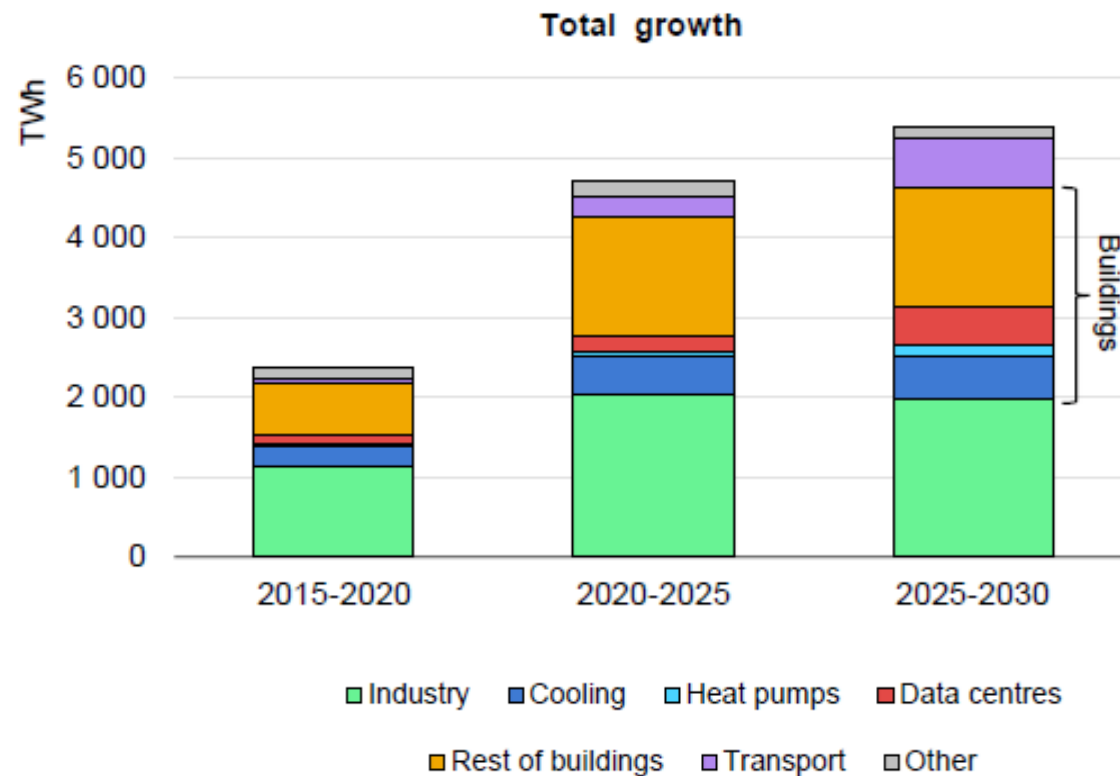
11 de febrero del 2026

**¿Es la Electricidad es el signo del Siglo XXI?**

## Crecimiento de la demanda mundial de electricidad por región, 2015-2030



## Crecimiento de la demanda mundial de electricidad por sector y uso final, 2015-2030

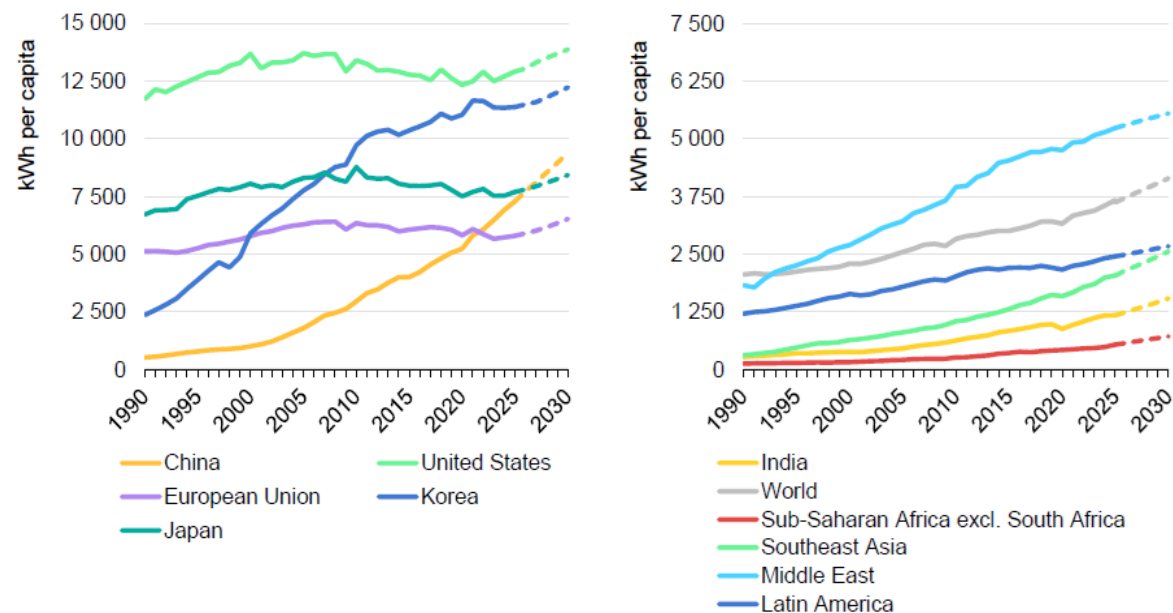


Source: Electricity 2026; IEA

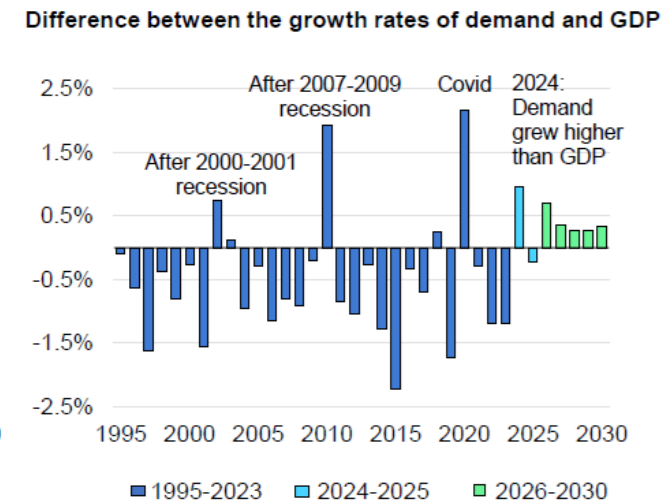
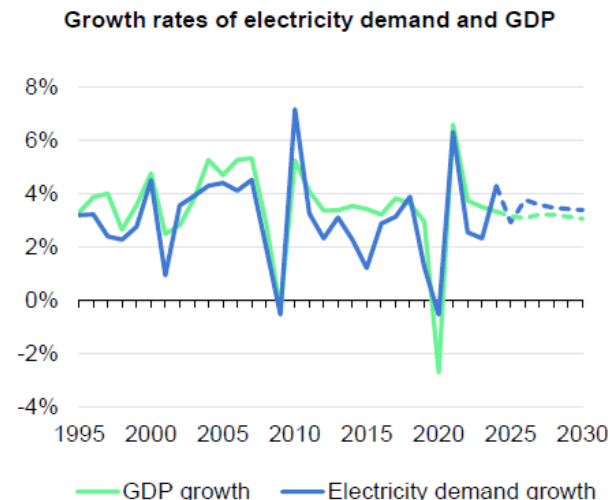
***“La Era de la Electricidad ha Llegado”***

***IEA, enero 2026***

## Consumo de electricidad per cápita en países y regiones seleccionados, 1990-2030



## Demanda mundial de electricidad y tendencias del PIB, 1995-2030

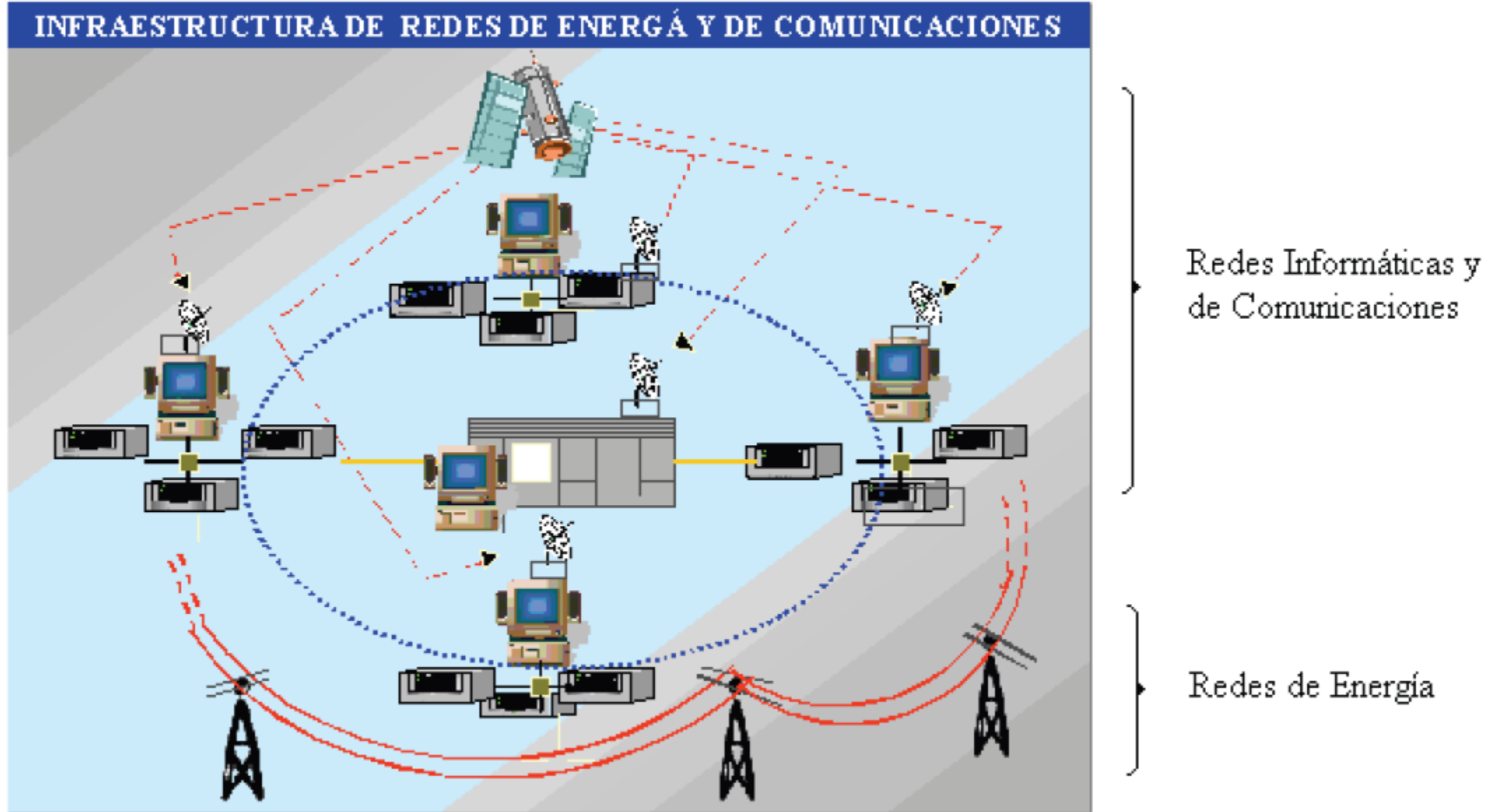


Electricity 2026; IEA

## COMENTARIOS:

- El consumo per cápita ha crecido acentuadamente en China y Corea en las tres últimas décadas; en EE.UU. , Japon y UE se ha mantenido estable ; LA ha crecido lentamente.
- Si bien la tasa de crecimiento del consumo de electricidad y del PIB han mantenido una correlación positiva; a partir del 2024 la tasa de crec. de la demanda eléctrica ha superado a la del PBI mundial.y, en los próximos cinco años añadirán, en promedio, **un 50 % más** de demanda de electricidad al año que el promedio anual de la última década.
- Se proyecta que el consumo de electricidad crecerá **al menos 2,5 veces más rápido** que la demanda energética general, lo que acelerará la transición mundial hacia **una economía basada en la electricidad**.

# Redes Complejas Interactivas: *la red eléctrica* es la plataforma crítica



**NOTA:** Figura tomada de : A.F. Chiri y J.E. Luyo, "La Seguridad Energética. Un Reto para el Perú en el Siglo XXI, Edit. CDLima, Colegio de Ingenieros del Perú, 2008.

**¿Cómo superar el *bottleneck* en la transmisión eléctrica?**

# Actualizaciones de Tecnologías de Redes

- **Valuación Dinámica de líneas (DLR)** ; evita *bottlenecks* en líneas críticas y se integra a sist. SCADA/EMS
- **Valuación Dinámica de transformadores (DTR)**, la misma función de la DLR.
- **Optimización Topológica (TO)**; software encuentra la configuración óptima de la red para aliviar las restricciones y liberar capacidad, mediante la conmutación de interruptores en las subestaciones.
- **Control de Flujo de potencia avanzado (APFC)**; subcategoría de los sistemas flexibles de transmisión de CA (FACTS), para resolver problemas de congestión de la red al desviar dinámicamente los flujos desde líneas sobrecargadas a otras con capacidad disponible.
- **Almacenamiento como activo de transmisión (SATA)**; aumento de la capacidad de la red de transmisión al reducir la capacidad de línea sobrante reservada para la seguridad N-1. En lugar de operar a aproximadamente el 70 % para dejar margen en caso de fallo de un circuito en paralelo, las líneas equipadas con SATA pueden operar mucho más cerca del 100 % de su capacidad térmica nominal, ya que las baterías alivian las sobrecargas.

Technology	Capacity increase	Potential global coverage	Cost	Firm capacity	Implementation lead time
Dynamic Line Rating	20-30%	5-15%	\$	•	1-2 years
Dynamic Transformer Rating	5-15%	5-15%	\$	•	1-2 years
Topology Optimisation	5-15%	10-20%	\$	••	1-2 years
Advanced Power Flow Control	10-20%	10-20%	\$\$	••	2-3 years
Storage As a Transmission Asset	30-40%	1-5%	\$\$	••	2-3 years
Reconductoring	50-100%	1-5%	\$\$\$	•••	3-4 years
Voltage uprating	100-200%	1-5%	\$\$\$\$	•••	4-7 years
New HV lines	-	-	\$\$\$\$\$	•••	7+ years

**La elevación de tensión (VUR)**, aumentar los niveles de voltaje y así aumentar la capacidad. Este proceso generalmente implica la sustitución de torres, aisladores, equipos de alta tensión, transformadores y otros componentes; para reutilizar los corredores de transmisión existentes, acortando los plazos de tramitación de permisos y reducir la complejidad general del proyecto. La capacidad en la parte afectada de la red aumenta con la elevación de la tensión nominal.

# Uso más eficiente de las redes: marcos regulatorios y políticas específicas

- **Flexible connection agreements (FCA):** son acuerdos contractuales entre los operadores de sistemas eléctricos (DSOs/TSOs) y los usuarios que permiten la conexión en zonas con capacidad limitada mediante la gestión de la entrada/salida mediante controles en tiempo real, no-firme o con bloqueo temporal. permiten conexiones más rápidas y económicas a energías renovables o almacenamiento, evitando o retrasando costosas actualizaciones de la red.
  - Integración técnica: requiere monitoreo activo, sistemas de comunicación avanzados o sistemas de control inteligente como DERMS (sistema de gestión de recursos energéticos distribuidos).
- **Security constrained economic dispatch (SCED):** un proceso de optimización fundamental en la operación de sistemas eléctricos modernos que busca minimizar los costos de generación mientras garantiza que el sistema opere dentro de límites técnicos y de seguridad.

## Aplicaciones y Variantes

- Mercados de Tiempo Real: Utilizado por operadores para enviar instrucciones de despacho a las plantas.
- Integración de Renovables: Crucial para gestionar la intermitencia de la energía eólica y solar, ajustando rápidamente otros recursos para mantener la estabilidad.
- SCED Preventivo vs. Correctivo: el **preventivo** prepara el sistema para que no ocurran violaciones tras un fallo, mientras que el **correctivo** permite acciones de ajuste rápidas después de que ocurre la contingencia.

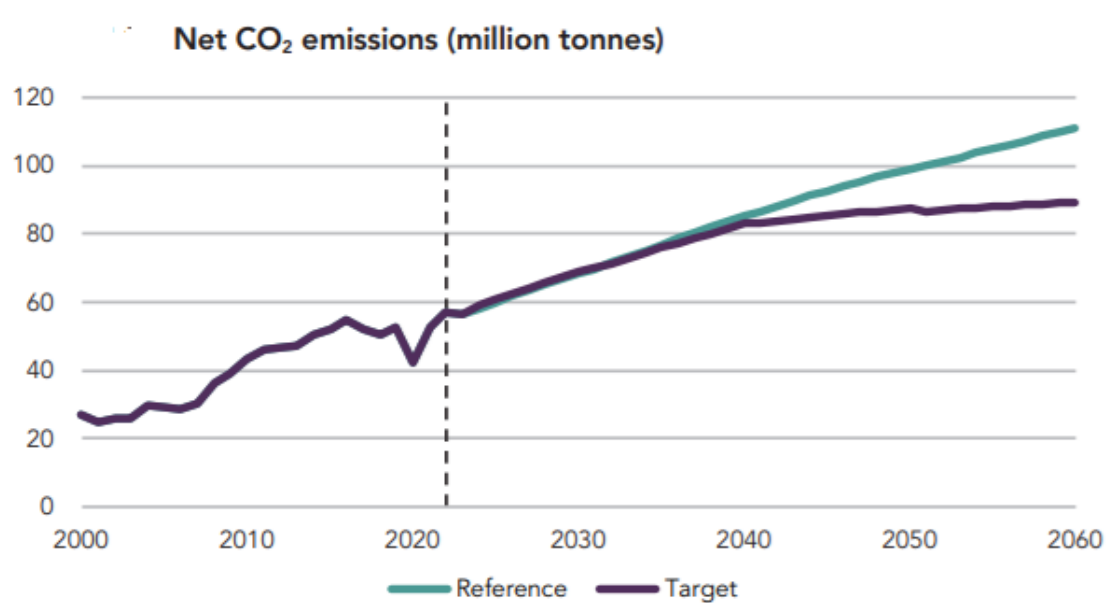
## Técnicas de Solución

Dada su complejidad, se utilizan diversos algoritmos matemáticos e inteligencia artificial.

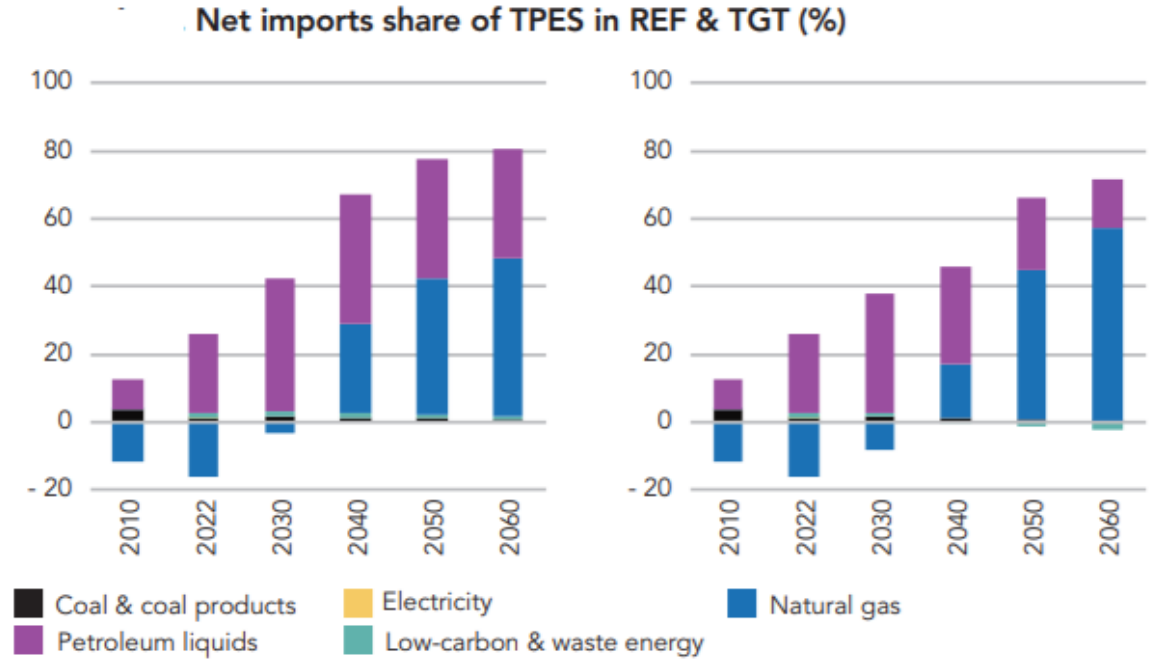


**¿Cómo estamos en el SubSector Electricidad en el Perú?**

# PERÚ: Informe del *Asia Pacific Energy Research Centre* (APERC)



APERC, diciembre 2025



Nota: las importaciones netas se refieren a las importaciones totales menos las exportaciones y los *bunkers* internacionales.

**COMENTARIOS:** el informe de la APERC confirma nuestras inquietudes sobre la Seguridad Energética en el país. Concluye que:

- la generación de electricidad sigue dependiendo del gas natural para la estabilidad de la red y la matriz eléctrica peruana ya está dominada por el gas natural y las energías renovables (hidroeléctrica principalmente);
- se requerirá inversiones en infraestructura de transmisión, así como un marco regulatorio más sólido que permita el despliegue de sistemas de almacenamiento de energía y otros servicios auxiliares;
- Perú mantiene una posición neta de importación de energía en los escenarios REF y TGT. Las importaciones de petróleo representan aproximadamente el 38% del TPES alrededor de 2040. La dependencia del gas natural importado aumenta en ambos escenarios poco después del 2030, para 2060, las importaciones podrían representar el 45% del suministro de gas natural en el REF y el 55% en el TGT.

**NOTAS.** El escenario de referencia REF es una proyección basada en las tendencias históricas; el Escenario Objetivo (TGT), que exploran una trayectoria hipotética en la que cada economía alcanza los objetivos de política energética, suponiendo su implementación independientemente de la rentabilidad. TPES: Suministro Total de Energía Primaria

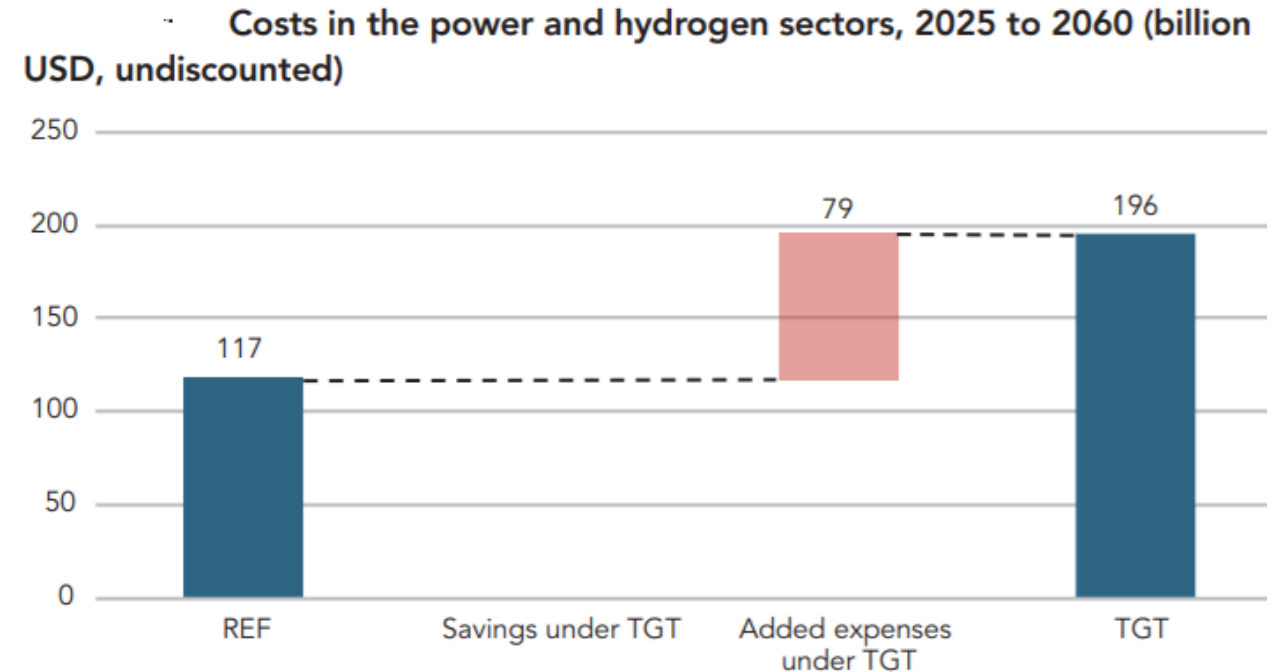
# PERÚ: Informe del *Asia Pacific Energy Research Centre* (APERC)

## COMENTARIOS:

- El costo total en los sectores de electricidad e hidrógeno en el REF se estima en **USD 117 mil millones**.
- Para satisfacer la demanda eléctrica en TGT, se necesitarán **USD 79 mil millones** adicionales; incluyen los costos totales de capital, fijos y variables en el sector eléctrico, los costos de producción de H2V para uso doméstico, la transmisión de electricidad RER-NC y los cargadores de vehículos eléctricos.
- El mayor componente de los costos adicionales son **los costos adicionales del GN** (importado), seguidos de la energía eólica y solar, y las líneas de transmisión adicionales para conectar las nuevas RER-NC a los centros de demanda.

## OBSERVACIÓN AL INFORME:

- No considera la alternativa de que, si se **corrige la actual política energética tendencial** y, se promueve la exploración de GN, a mediados de la década de 2030, se esté nuevamente produciendo GN para el mercado interno (y se debe mantener del precio regulado del GN para electricidad, GNV y otros) e incluso para exportar. También, la exploración y explotación en el petróleo.
- Además, siguiendo la tendencia internacional, la matriz eléctrica irá cambiando con una **mayor proporción de fuentes RER-NC** y, reduciendo la dependencia del GN según lo recomienda el Informe.



\* Los costos reales diferirán de los estimados en las Perspectivas por diversas razones, como la variación en los precios de las materias primas, los costos de fabricación y los avances técnicos imprevistos. Todos los costos se expresan en términos reales de 2023.

# La crisis del quinquenio 2015-2020

Superada en el año 2019 al cumplirse un mandato de la Corte Suprema para que las termoeléctricas **declaren sus costos reales del GN**; después de algunas dilaciones de ejecución de cumplimiento por los entes oficiales responsables : MINEM; Osinergmin y el COES.

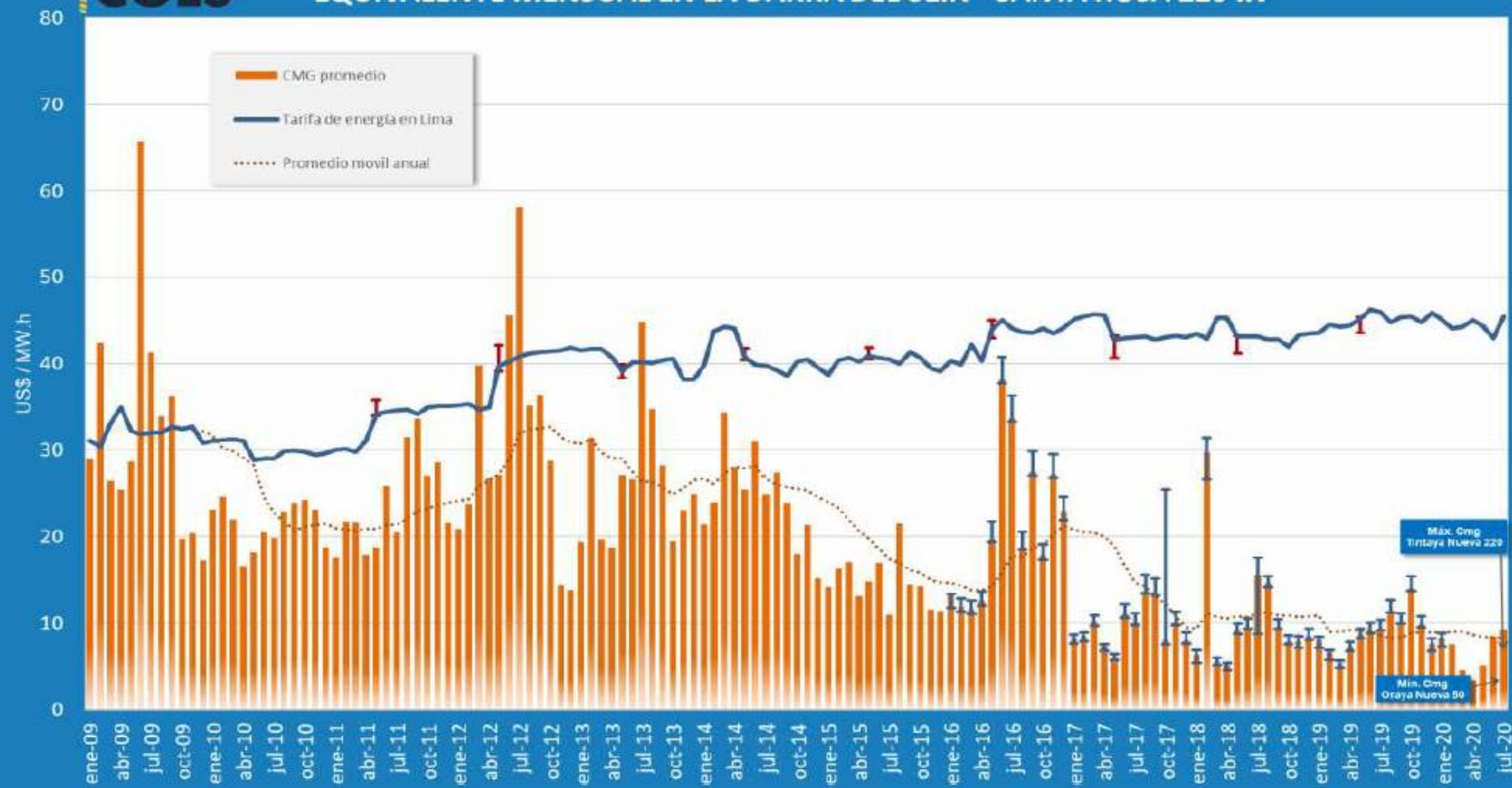
Actualmente y, como lo anticipamos , después del cumplimiento del mandato judicial por las termoeléctricas, los cmarg han alcanzado el nivel que tenían históricamente antes de estas distorsiones, ahora en el 2020 están alrededor de **25 \$US/Mwh**, que confirma nuestra opinión : la causa era el **poder de mercado** del oligopolio termoeléctrico y no la “sobreoferta”\*.

Esta crisis es el factor determinante (previamente hubo una crisis en el 2009), entre otros, de la **Tercera Reforma**.

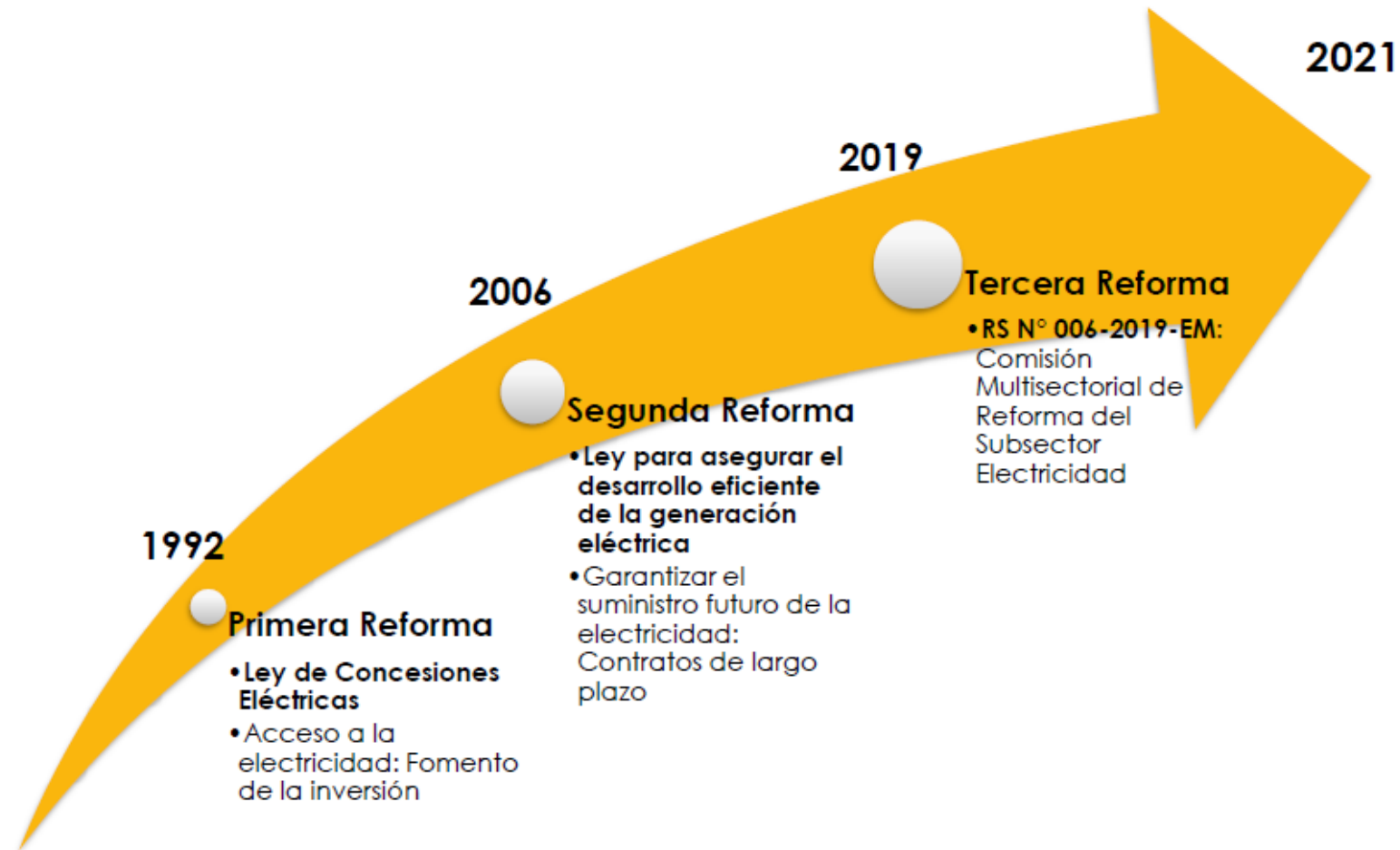
\* J.E. Luyo, «¿Por qué el mercado de electricidad peruano está al borde del colapso?», CSDI, 09-11-2020



COSTO MARGINAL PROMEDIO Y PRECIO DE ENERGÍA EN BARRA REGULADO EQUIVALENTE MENSUAL EN LA BARRA DEL SEIN - SANTA ROSA 220 kV



# Reformas en el Subsector Electricidad



Fuente: MINEM-VME

Por R.S. N°006-2019 se creó la Comisión Multisectorial para la Reforma del Subsector Electricidad (CRSE)

# La Tercera Reforma del Sector Electricidad (TR-E)

## Antecedentes e Iniciativas

El Osinergmin ha tenido una iniciativa de contratación de consultoría internacional para la TR-E; que tuvo como resultado en diciembre del 2016 el Informe del consorcio consultor *Cambridge Economic Policy Associates Ltd* (CEPA) y Negocios Globales Inteligentes SAC (NEGLI) .

La más reciente, bajo la responsabilidad del MINEM, según los TdR de la Comisión Multisectorial para la Reforma del Subsector Eléctrico (CRSE), elaborada por un grupo de expertos con el apoyo financiero del Banco Mundial (**GBM**), cuyos resultados se presentaron a mediados del 2021.

La dos consultorías básicamente se han abocado **al diagnóstico preliminar** de los componentes : institucional, mercados de electricidad CP y LP ; aspectos regulatorios y de tarificación eléctrica y recomendaciones preliminares. La consultoría **GBM**, que es la que ha avanzado en tratar elementos adicionales respecto al rediseño de los mercados de electricidad de CP y LP, con la posibilidad del diseño de un mercado minorista, y la necesidad de planeamiento energético y otros, contenidos en los TdR de la CRSE. Solo se ha avanzado con los marcos conceptuales y recomendaciones iniciales sobre la temática señalada en los TdR (que debe ser reformulado y actualizado) y, estimamos que el Informe final de GBM solo representa los preliminares para llegar a la meta propuesta : **El Libro Blanco** .

A continuación haremos un rápido repaso de los aspectos más relevantes, con los respectivos comentarios, del informe GBM y, considerando que, en nuestra opinión, el diseño del nuevo mercado eléctrico peruano será la referencia que orientará las actividades de la TR-E; centraremos nuestra atención en este tópico. Los otros elementos de la temática de la TR-E ya los hemos tratado en exposiciones anteriores.

# **Modelos de desarrollo del Mercado Eléctrico Peruano**

**Informe GBM para el nuevo mercado eléctrico peruano, propone :**

- ***cambios en el diseño del mercado de CP (spot basado en costos) con doble liquidación y el mecanismo de suficiencia de recursos a LP, la mayor participación de los RER, la procura de servicios auxiliares, y, la supervisión y monitoreo del mercado. Que, ésto permitiría una mayor competencia con la participación de la demanda y la activación del mercado minorista de electricidad\*;***
- ***la co-optimización conjunta del mercado de energía y el de servicios auxiliares en el mercado de corto plazo (en el DA y RT) y la participación simétrica y financieramente vinculantes de productores y consumidores\*.***

***CONSIDERAMOS\*\* que: es un cambio importante que requerirá estudiar los detalles y características propias del sistema eléctrico peruano;***

\*Source : Frank Wolak, Standford U. , World Bank Consultancy for Peru, february 2021.

\*\* J.E. Luyo



# **Modelos de desarrollo del Mercado Eléctrico Peruano**

**Informe GBM para el nuevo mercado eléctrico peruano; propone :**

- **que, el mercado de CP sería solo un mercado de energía, no habría un mercado de capacidad, y recomienda continuar con un mercado basado en costos en una primera fase de reforma y que, para un cambio a un mercado basado en ofertas debe haber un mecanismo automático de mitigación de poder de mercado\* .**

**CONSIDERAMOS\*\* que, también es recomendable este mecanismo para la primera fase en lo que respecta al mercado de reservas operativas y, por la alta concentración en el mercado peruano.**

- **que, con definición de metas de RER se requiere un mercado de REC\*.**

**CONSIDERAMOS\*\* que, para la mayor participación de la generación RER, no es necesario introducir los REC, solo se debe posibilitar que ésta generación pueda competir sin restricciones con la generación convencional;**

\*Source : Frank Wolak, Stanford U. , World Bank Consultancy for Peru, february 2021.

REC: Renewable Energy Certificates

\*\* J.E. Luyo



# Modelos de desarrollo del Mercado Eléctrico Peruano

## Informe GBM propone:

- *que, con definición de metas de RER se requiere un mercado de REC\*.*
- *....la introducción de los contratos estandarizados con precio fijo (SFPFC) a plazo\*.*

**CONSIDERAMOS\*\* que:** se debe prestar atención en el diseño final para no repetir el error de las licitaciones de contratos de la Segunda Reforma que establecieron precios firmes muy altos (como lo reconoce F. Wolak) para contratos de hasta 20 o más años, que ha venido afectando (y seguirá) los precios y tarifas de eléctricas a millones de consumidores del mercado regulado; que es uno de los factores que exigen un cambio del modelo de mercado eléctrico peruano; y sobretodo se debe diagnosticar el poder de mercado (colusión implícita, withholding, monopolio por congestión en la transmisión, oligopolio y otros );

- *un proceso formal e independiente de monitoreo de mercado eléctrico\*.*

**CONSIDERAMOS\*\* que,**

*además debe instituirse un ente oficial autónomo que procese y sancione las actividades anti-competitivas ya que, el Indecopi resulta inoperante y rebasado por un exceso de atribuciones y déficit de especialistas.*

\* Frank Wolak, Standford U. , World Bank Consultancy for Peru, february 2021

\*\* J.E. Luyo

# Peruvian context: Proposal for regulation of distributed generation

Feature	MGD Medium Distributed Generation	MCD Micro Distributed Generation
Capacity	Between 200kW and 10 MW	Below 200kW
Connection to the distribution system	Medium voltage	Low voltage
Connection study	To be carried out by the interested party or by the distributor.	To be carried out by the interested party.
Costs associated with adapting the grid	Incremental. Financed by the interested party.	Incremental. Financed by the interested party.
Selling surpluses in the short-term market	Yes.	No.  Surpluses are net-metered with consumption along a year and are compensated as discounts on electricity bills.
Selling surpluses to the regulated market	Yes. They can sell energy contracts to distribution companies. Subject to firm capacity requirements (as other generators).	
Selling surpluses in the free market	Yes. They can sell energy contracts in the free market. Subject to firm capacity requirements (as other generators).	

# Algunos comentarios sobre la propuesta del GBM en Distribución e Innovación

En términos generales, la propuesta :

- se abocó al diagnóstico del actual estado del segmento de distribución eléctrica, la regulación y tarificación ;
- hace un análisis de las posibilidades de actualización y reestructuración de las actividades en la distribución, y la modernización incluyendo el sistema de medición inteligente avanzado, la posible creación de un mercado minorista liberalizado; para luego emitir algunas recomendaciones generales, centradas en la regulación y tarificación.
- No propone nada sobre el flujo de la *Data* , la conectividad, red comunicaciones digitales avanzada; las nuevas cargas eléctricas (VHE, baterías, agregadores y otras)

# Recomendamos : algunas Políticas para la TR-E

- Adaptar el diseño del ***nuevo mercado eléctrico*** para la operación en interconexión con países vecinos hacia un mercado regional.
- Impulsar la ***electrificación*** de la matriz energética, y la digitalización de la electricidad, que es la base para el despliegue de las nuevas tecnologías y la modernidad.
- Considerar la concurrentia y diversificación de todas las fuentes energéticas renovables y tecnologías vinculadas, y en competencia con las tecnologías incumbentes, en el proceso de ***transición energética*** hacia una matriz energética sostenible y más limpia.
- Estimular la I&DD de ***nuevas tecnologías energéticas*** , como la del hidrógeno, mitigación del friaje en zonas altoandinas y otras, financiando estas actividades con fondos especiales a las universidades e institutos de investigación. Impulsar la capacitación y actualización; desarrollar ***el capital humano en C&Ti***.
- Se debe culminar la elaboración del **LB**; los plazos programados por la **CRSE** se han vencido.

# REFLEXIONES FINALES

- Instituir la ***Planificación Energética Nacional*** con la creación de un Organismo de planificación energética en el MINEM o adscrito a este Sector.
- Es perentorio la adopción de una ***Política Energética*** y un ***Plan Energético Nacional a largo plazo para el Desarrollo energético sostenible e industrialización*** en el sector Energía. Que posibilitará definir proyectos que optimicen los recursos energéticos y económicos del país, evitando la improvisación y falta del debido estudio en proyectos fallidos.
- El subsector Electricidad está mostrando a nivel internacional ser el más dinámico, tanto por su extensión hacia ***la electrificación*** de actividades productivas y de servicios antes más vinculadas a los combustibles fósiles, como en ***el cambio tecnológico*** y la ***digitalización*** e incorporación de las ***fuentes RER-NC***.

***“Urge que el MINEM cumpla con la publicación de los Reglamentos de la ley N°32249, de Generación Distribuida y del Mercado de Servicios Complementarios. Así como, culminar y publicar el LIBRO BLANCO ”***