



CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MISIONES

**COMISION DE ENERGIA, INFRAESTRUCTURA, RECURSOS HIDRICOS Y AMBIENTE.
CEIRHA**

FUTURO PROBABLE DE LA TRANSICION ENERGETICA MUNDIAL



DATOS DE LA IAE AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA

EL 2024 TODAVIA NO ESTA POR CONTINENTES, SIEMPRE SE IMPRIME CON 2 AÑOS DE ATRASO

PERO LA MATRIZ ENERGETICA POR CONTINENTES EN ESE LAPSO DE TIEMPO NO TIENE DIFERENCIAS IMPORTANTES.

SI ALGUNOS PAISES TIENEN DATOS 2024

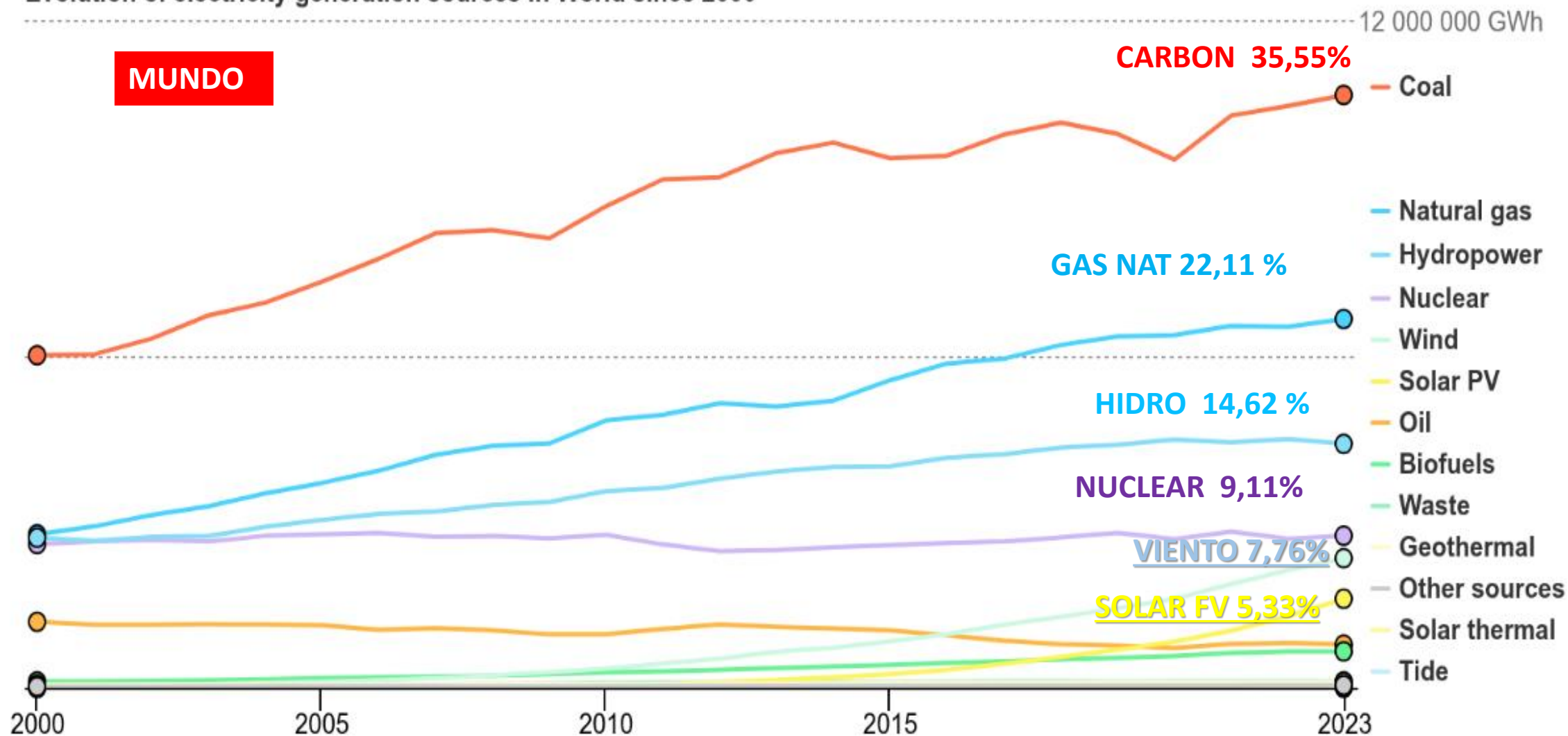
ANALISIS MUNDIAL POR CONTINENTES



Evolution of electricity generation sources in World since 2000

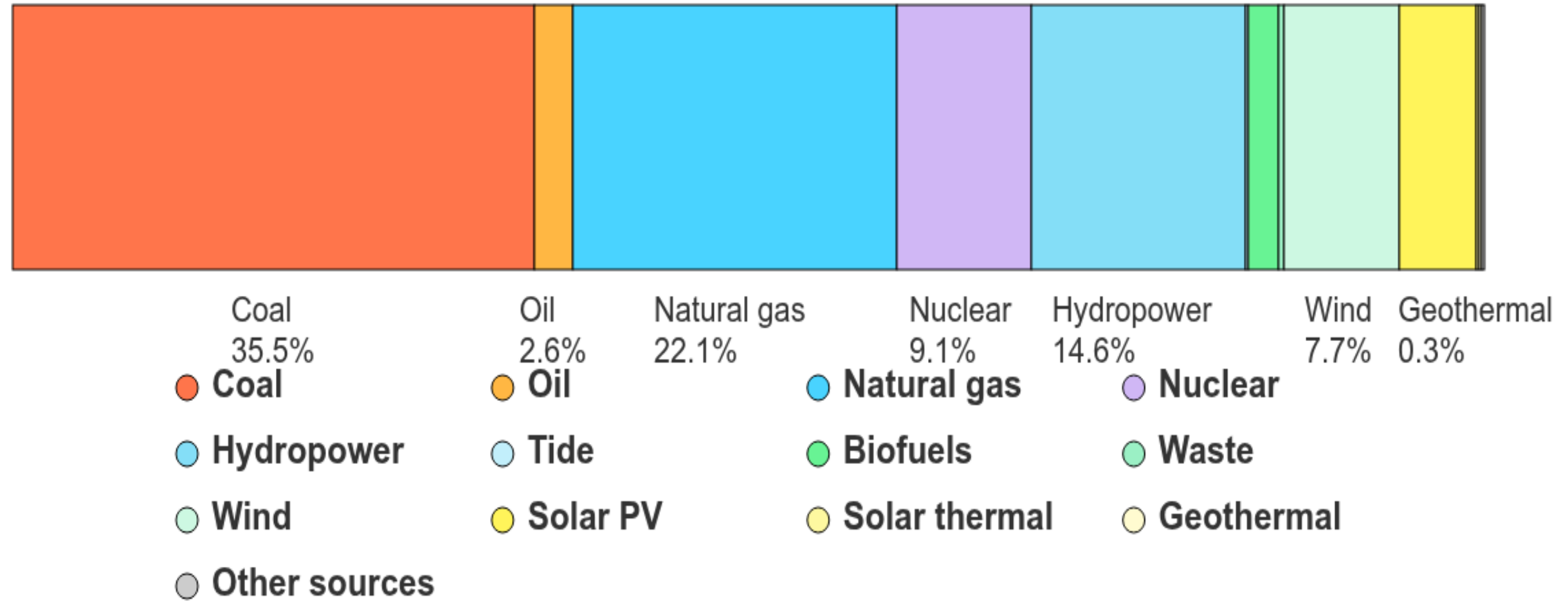


MUNDO



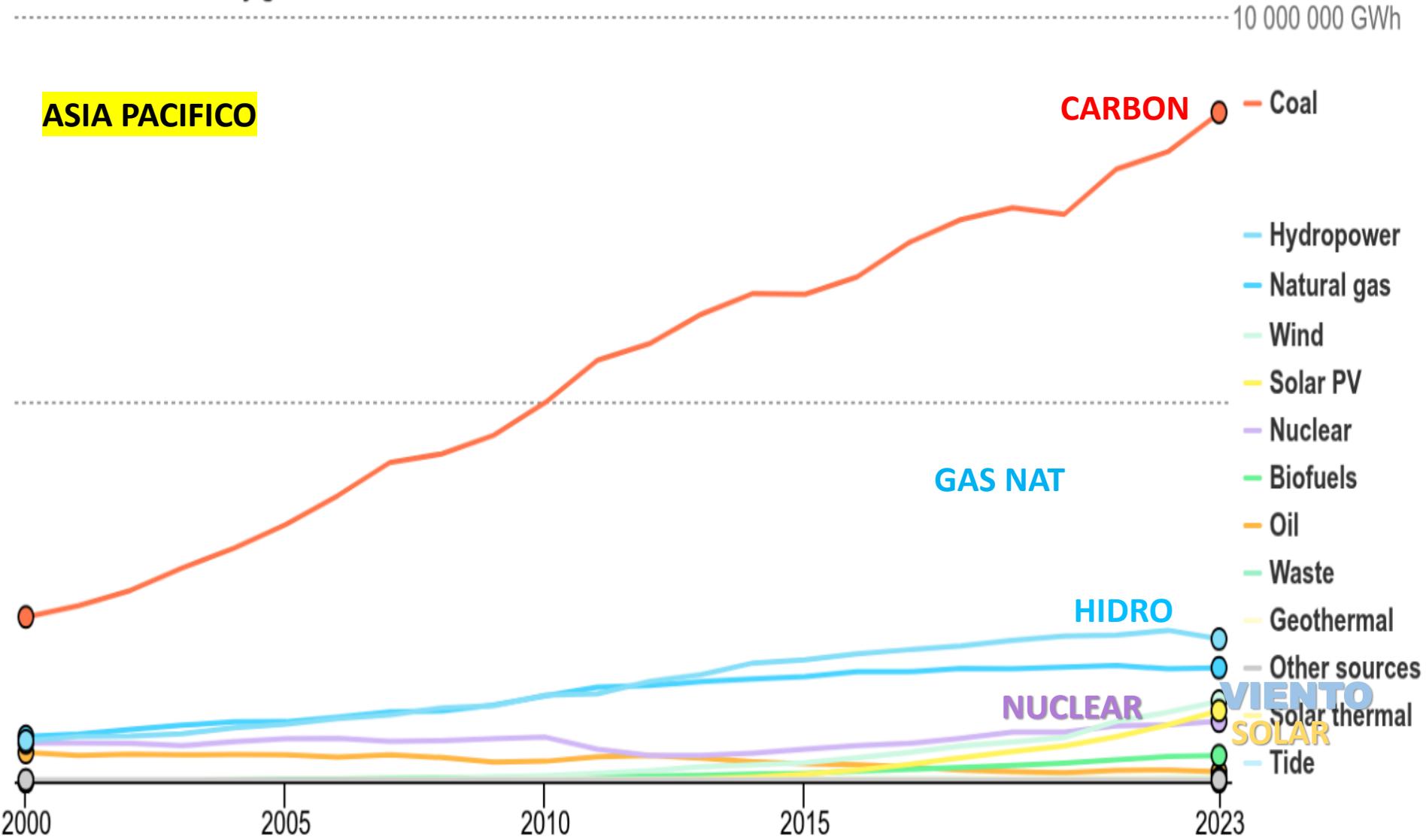
Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Electricity generation sources, World, 2023



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Evolution of electricity generation sources in Asia Pacific since 2000



DATOS 2023

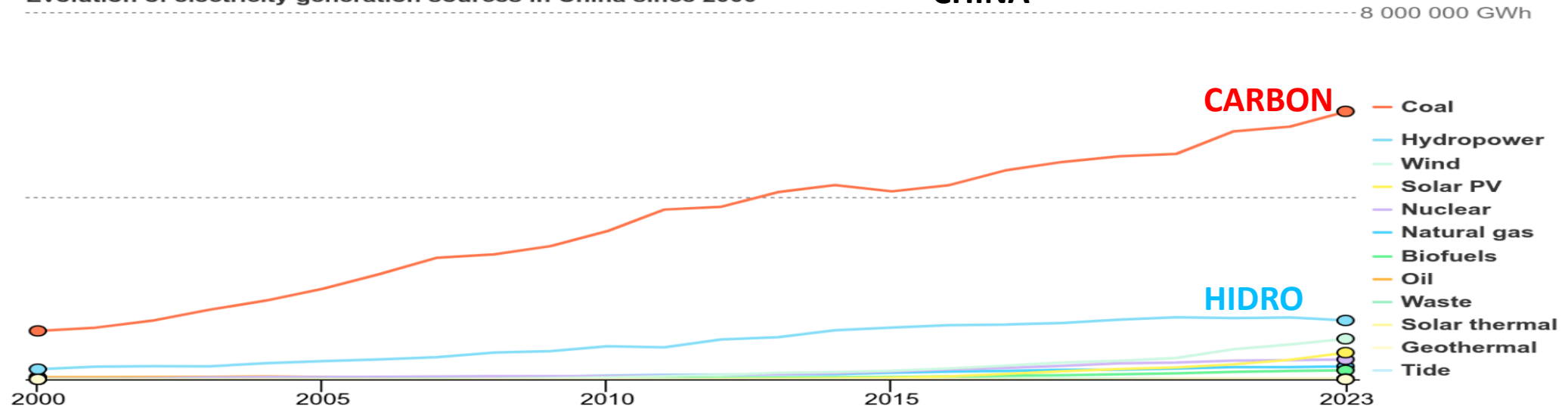
R a n k	Country/Region	GWh	%
-	Asia Pacific	15 489 513	
1	China	9 547 540	61.6
2	India	1 986 776	12.8
3	Japan	1 002 648	6.5
4	Korea	610 685	3.9
5	Indonesia	433 460	2.8
6	Chinese Taipei	282 159	1.8
7	Australia	274 474	1.8
8	Viet Nam	274 016	1.8
9	Thailand	196 108	1.3



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Evolution of electricity generation sources in China since 2000

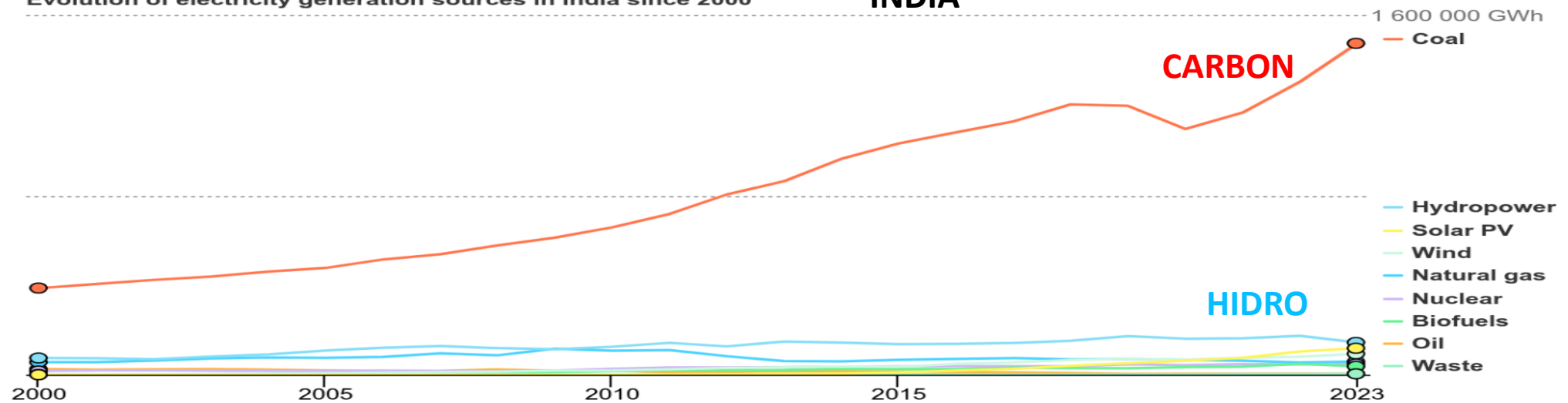
CHINA



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Evolution of electricity generation sources in India since 2000

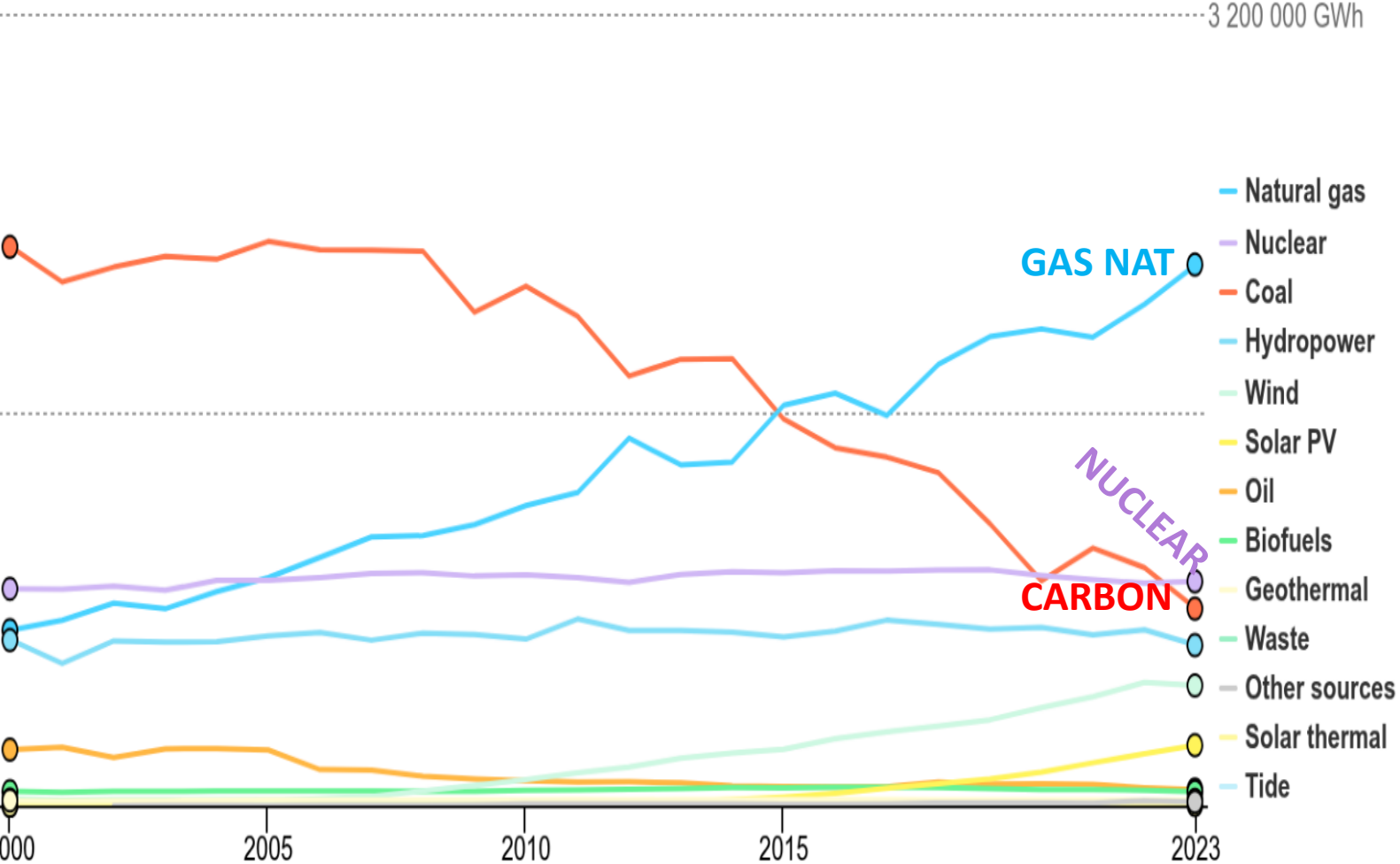
INDIA



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0



Evolution of electricity generation sources in North America since 2000



Rank	DATOS 2023		GWh	%
	Country/Region			
-	North America		5 465 900	
1	United States		4 452 539	81.5
2	Canada		633 002	11.6
3	Mexico		380 359	7.0

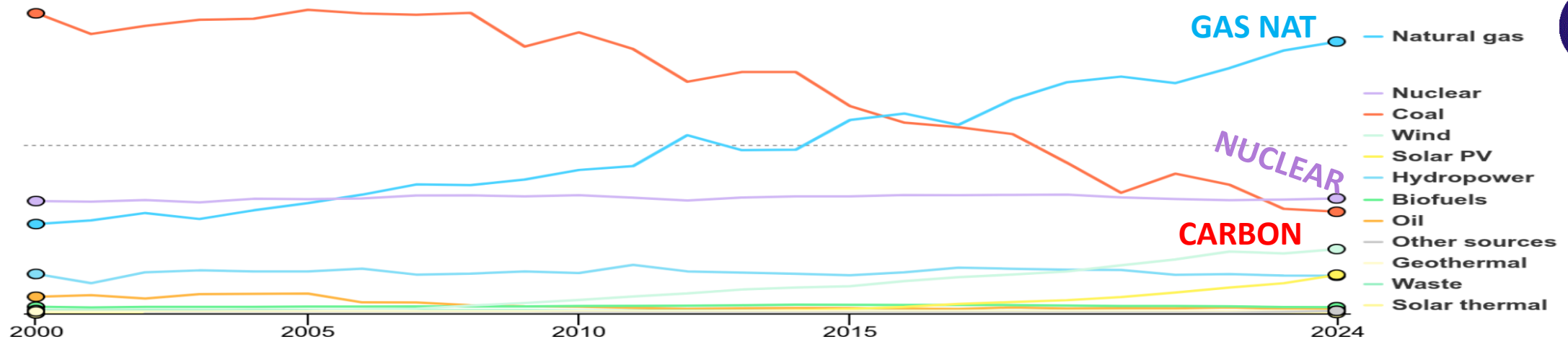
Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0



Evolution of electricity generation sources in United States since 2000

EEUU

2 400 000 GWh

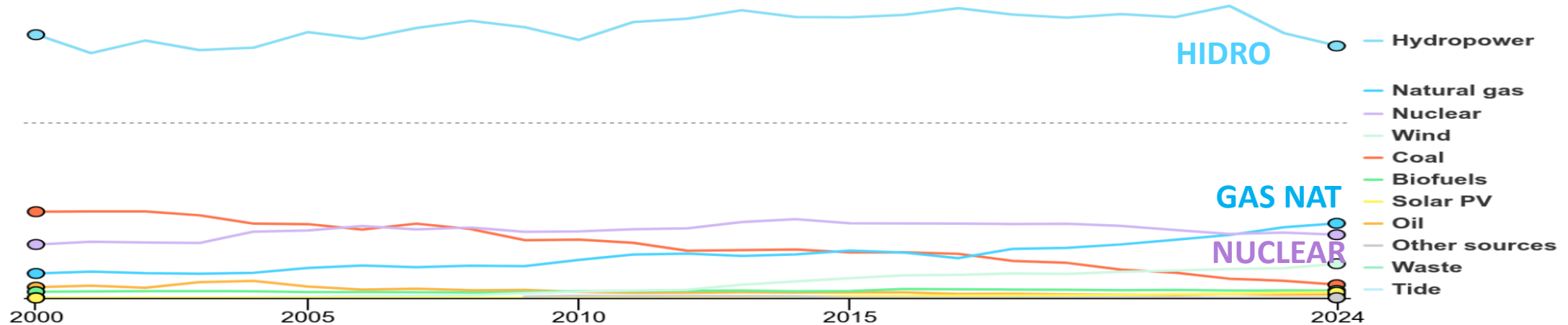


Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Evolution of electricity generation sources in Canada since 2000

CANADA

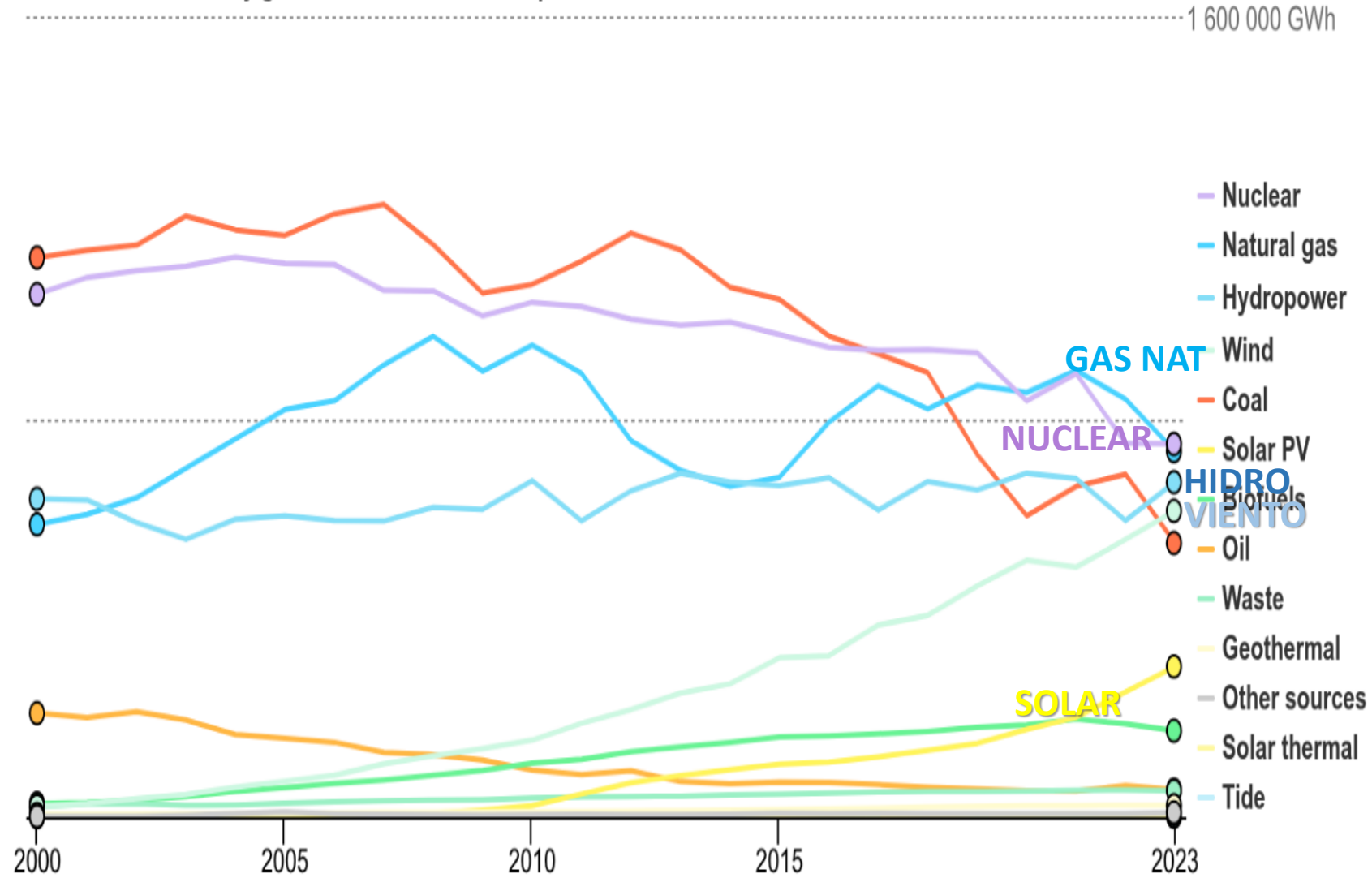
480 000 GWh



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

EUROPE

Evolution of electricity generation sources in Europe since 2000



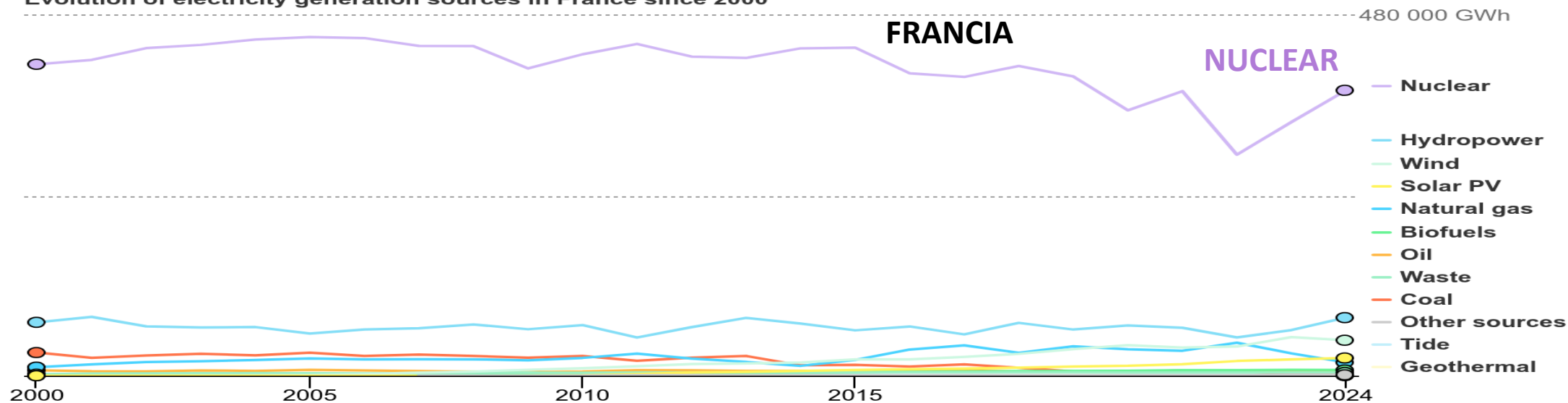
Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

DATOS 2023

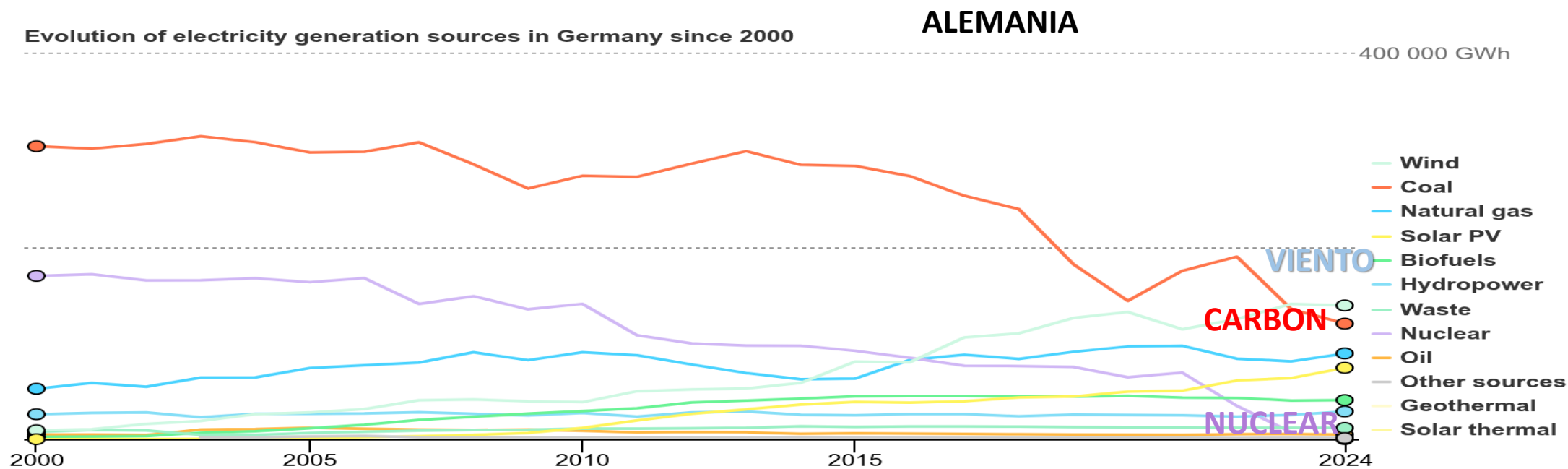
Rank	Country/Region	GWh	%
-	Europe	3 936 926	
1	France	525 660	13.4
2	Germany	511 881	13.0
3	Türkiye	331 148	8.4
4	United Kingdom	294 282	7.5
5	Spain	285 880	7.3
6	Italy	264 716	6.7
7	Poland	167 362	4.3
8	Sweden	166 093	4.2
9	Norway	154 895	3.9
10	The Netherlands	121 640	3.1



Evolution of electricity generation sources in France since 2000

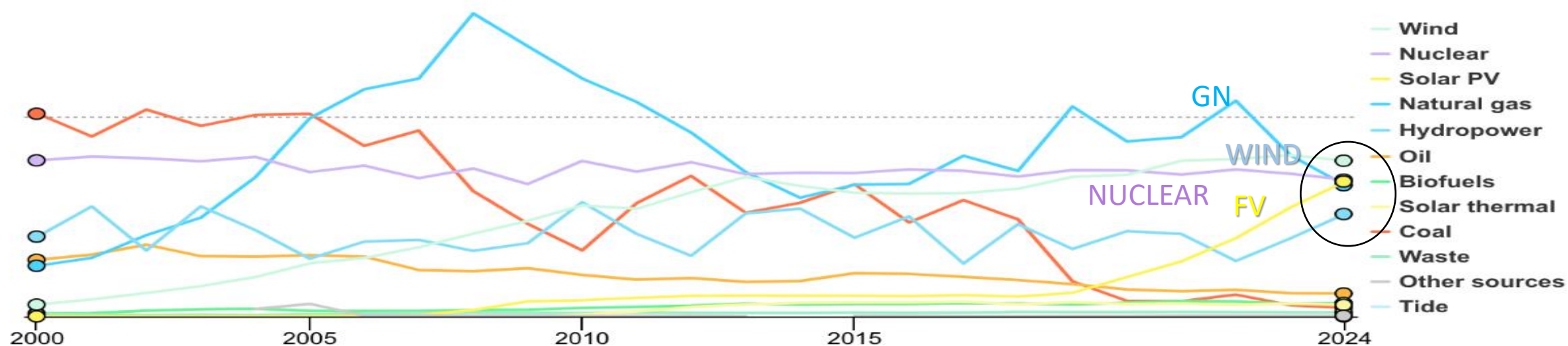


Evolution of electricity generation sources in Germany since 2000



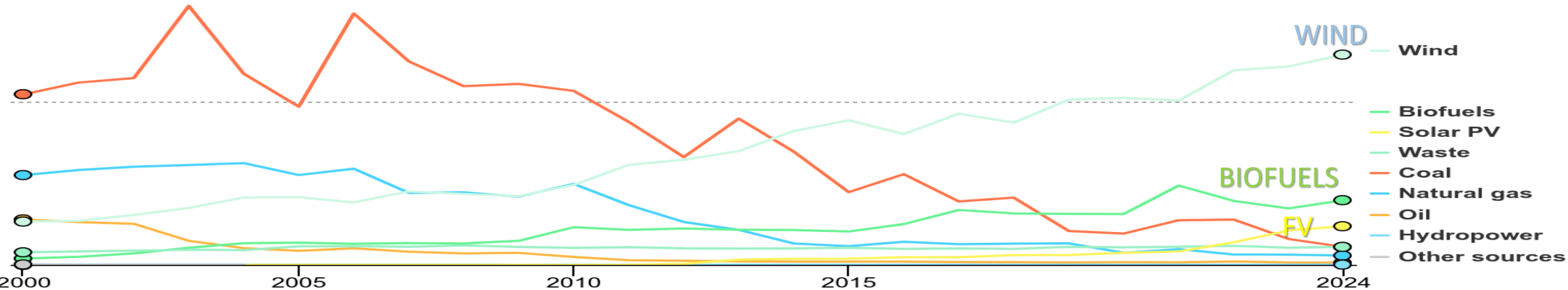
Evolution of electricity generation sources in Spain since 2000

ESPAÑA

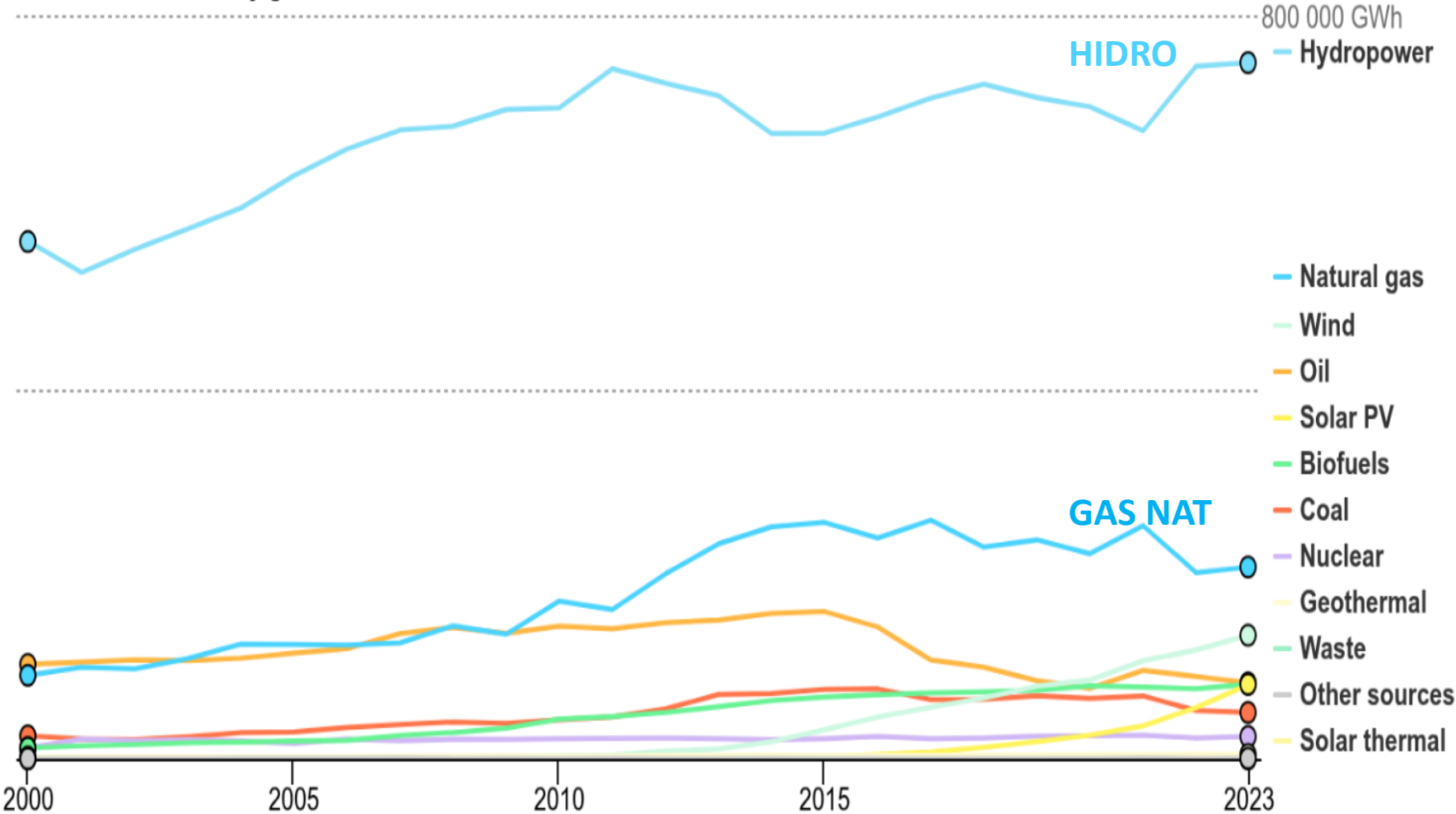


Evolution of electricity generation sources in Denmark since 2000

DINAMARCA



Evolution of electricity generation sources in Central & South America since 2000

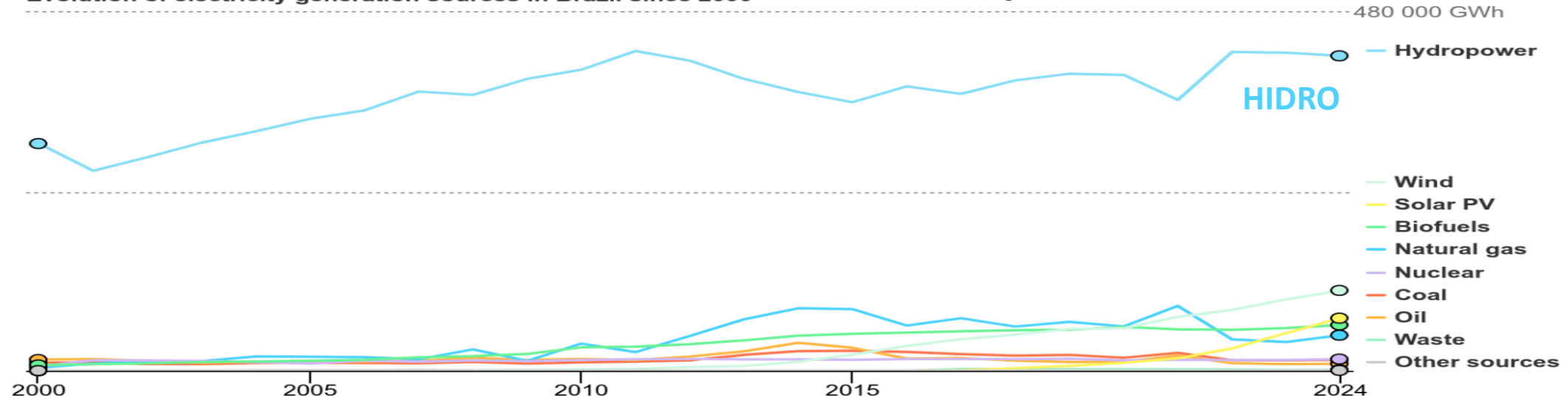


Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0



Evolution of electricity generation sources in Brazil since 2000

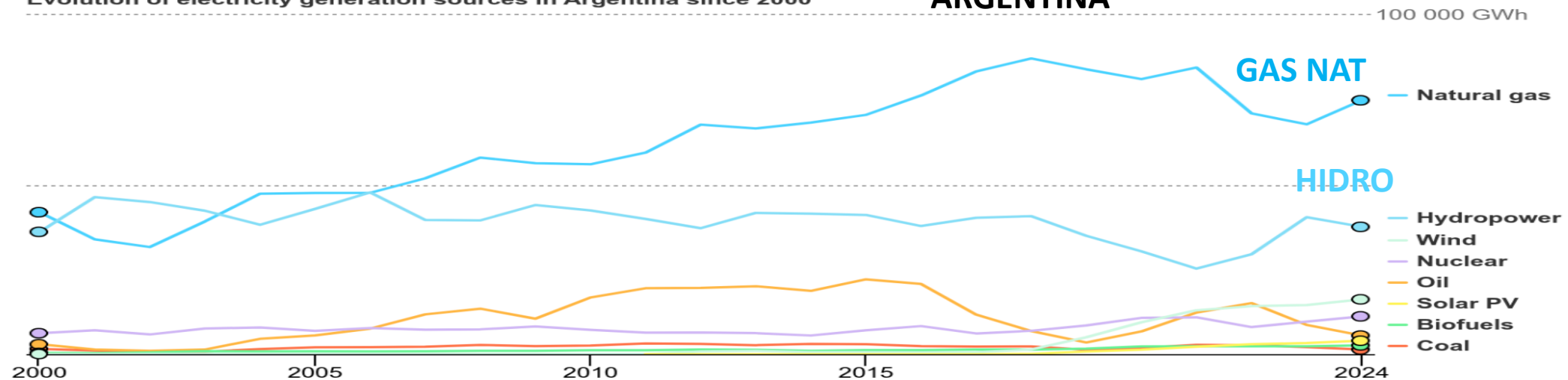
BRASIL



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Evolution of electricity generation sources in Argentina since 2000

ARGENTINA



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0



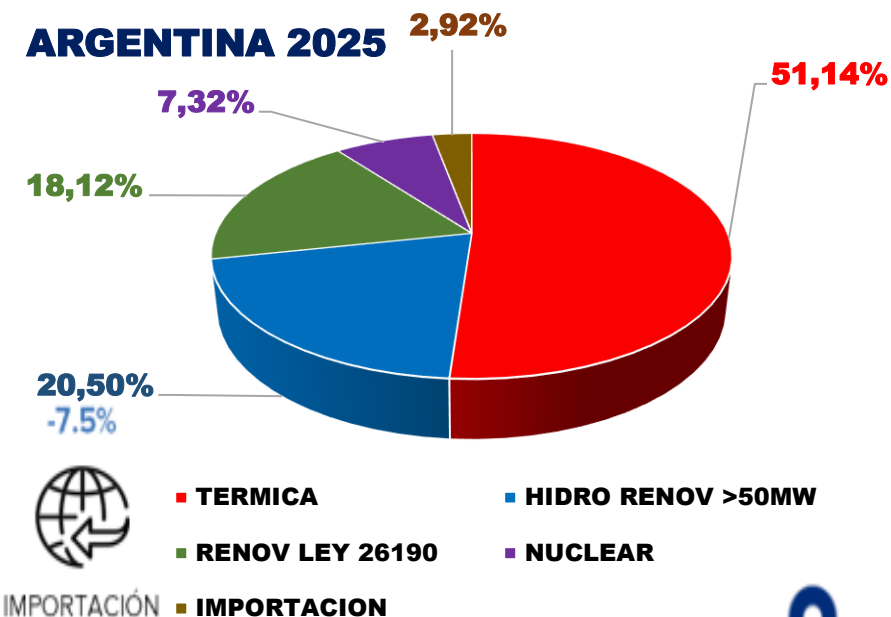
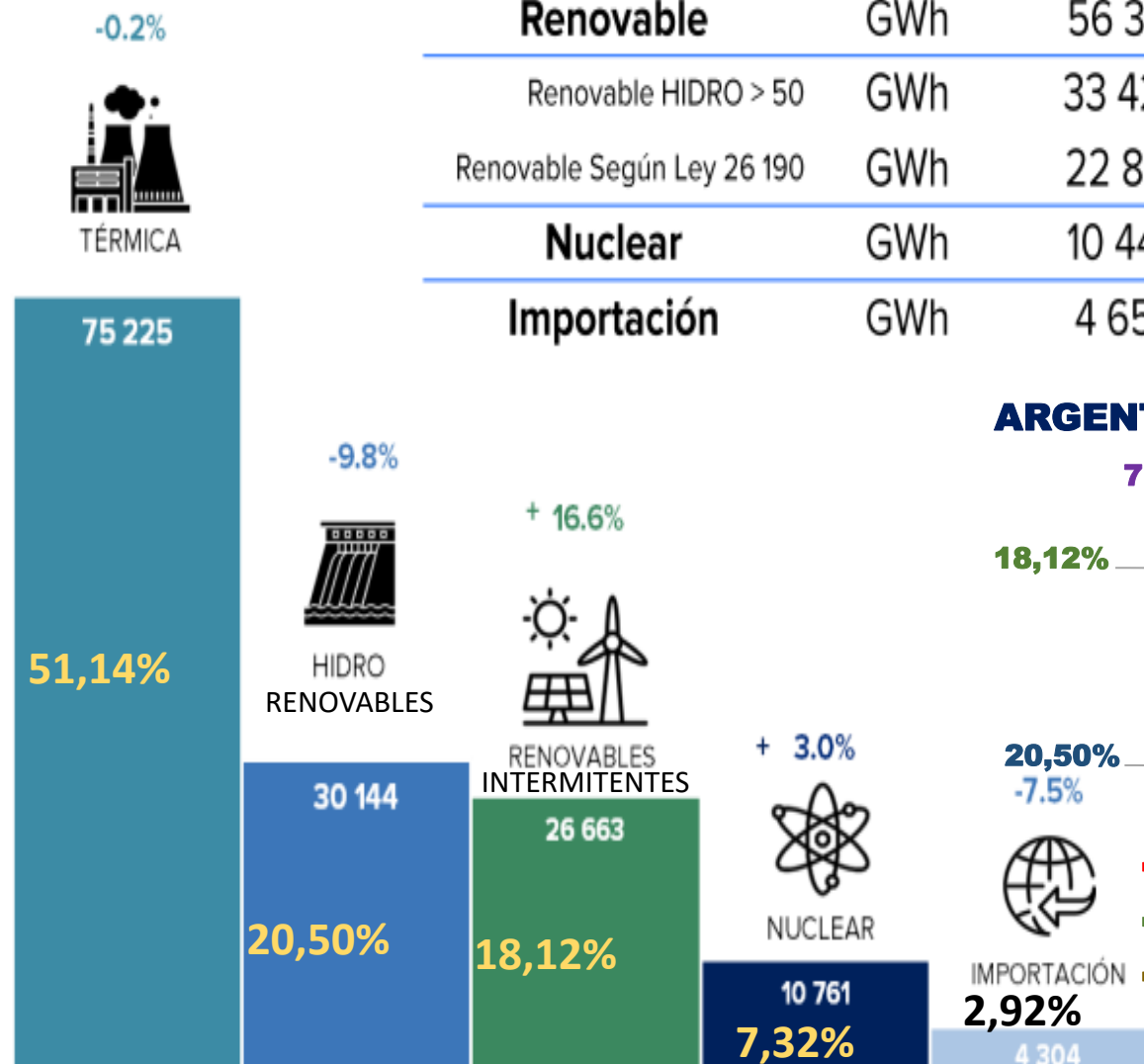


CAMMESA ARGENTINA

2024

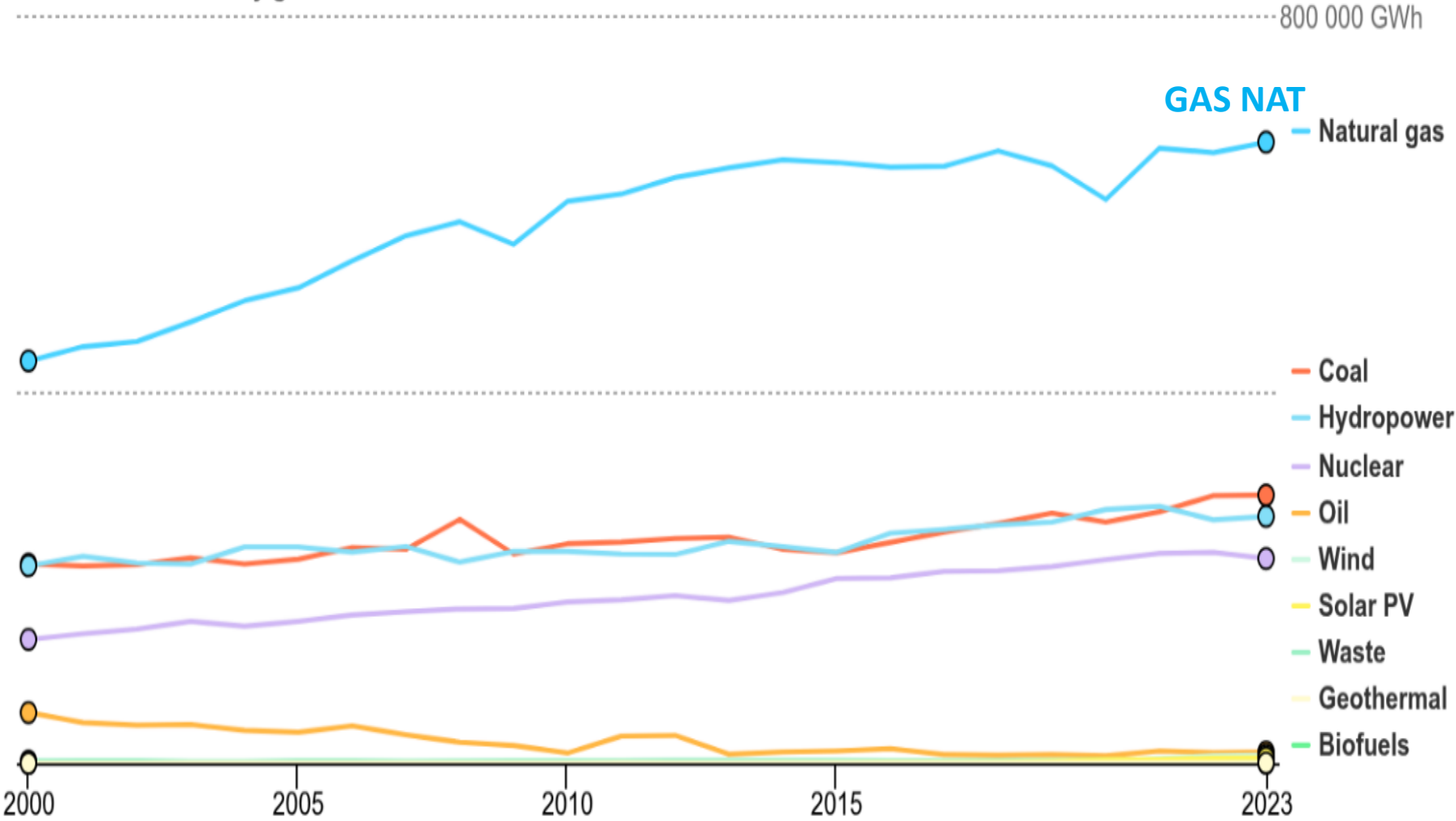
2025

OFERTA TOTAL	GWh	146 792	147 096	0.2%
Térmica	GWh	75 388	75 225	-0.2%
Renovable	GWh	56 301	56 807	0.9%
Renovable HIDRO > 50	GWh	33 424	30 144	-9.8%
Renovable Según Ley 26 190	GWh	22 877	26 663	16.6%
Nuclear	GWh	10 449	10 761	3.0%
Importación	GWh	4 654	4 304	-7.5%



EURASIA

Evolution of electricity generation sources in Eurasia since 2000



DATOS 2023

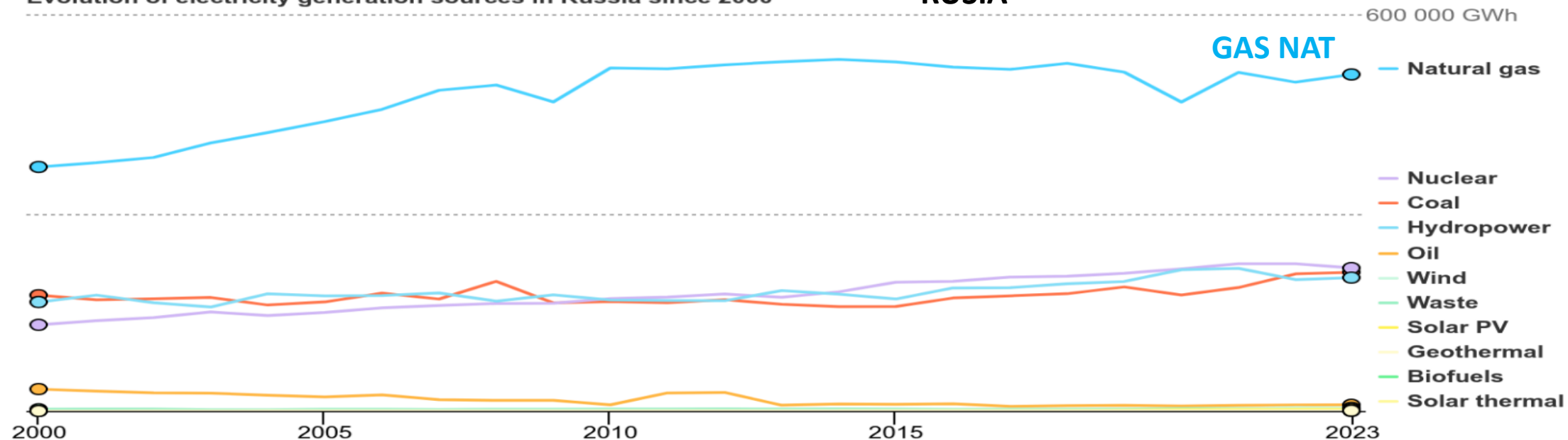
Rank	Country/Region	GWh	%
-	Eurasia	1 470 570	
1	Russia	1 161 811	79.0
2	Kazakhstan	113 585	7.7
3	Uzbekistan	74 328	5.1
4	Turkmenistan	32 600	2.2
5	Azerbaijan	29 305	2.0
6	Tajikistan	21 861	1.5
7	Georgia	14 395	1.0
8	Kyrgyzstan	13 875	0.9
9	Armenia	8 806	0.6

Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0



Evolution of electricity generation sources in Russia since 2000

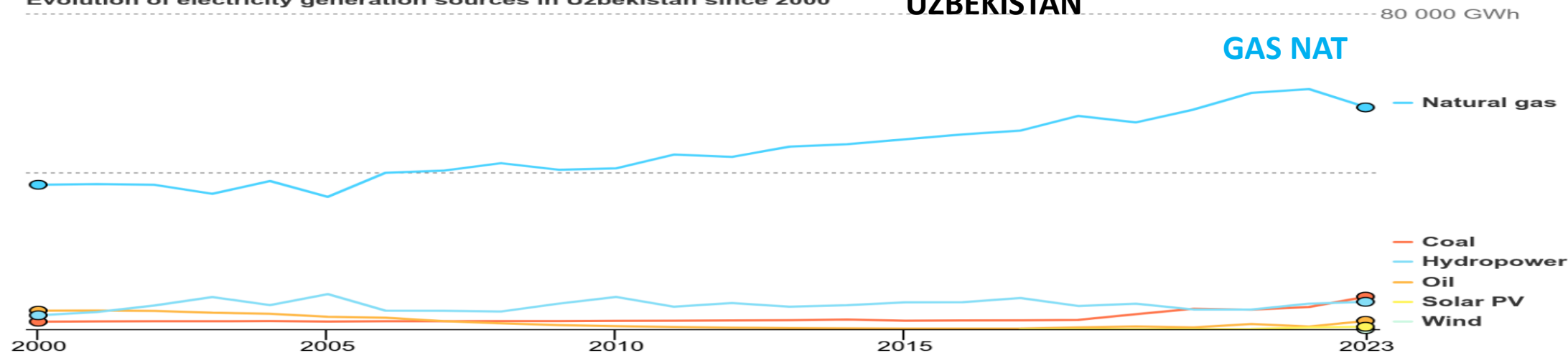
RUSIA



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Evolution of electricity generation sources in Uzbekistan since 2000

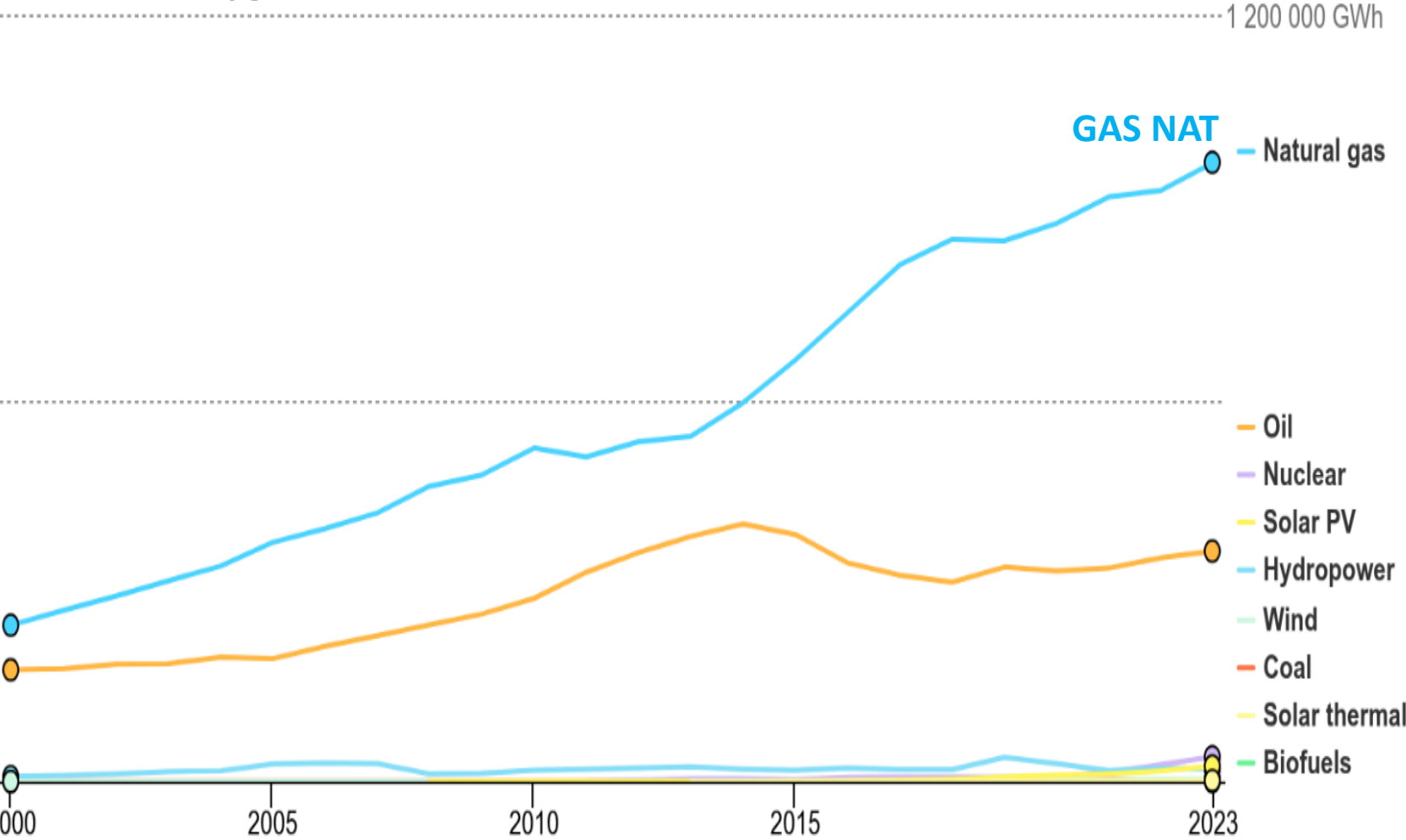
UZBEKISTAN



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0



Evolution of electricity generation sources in Middle East since 2000



DATOS 2023

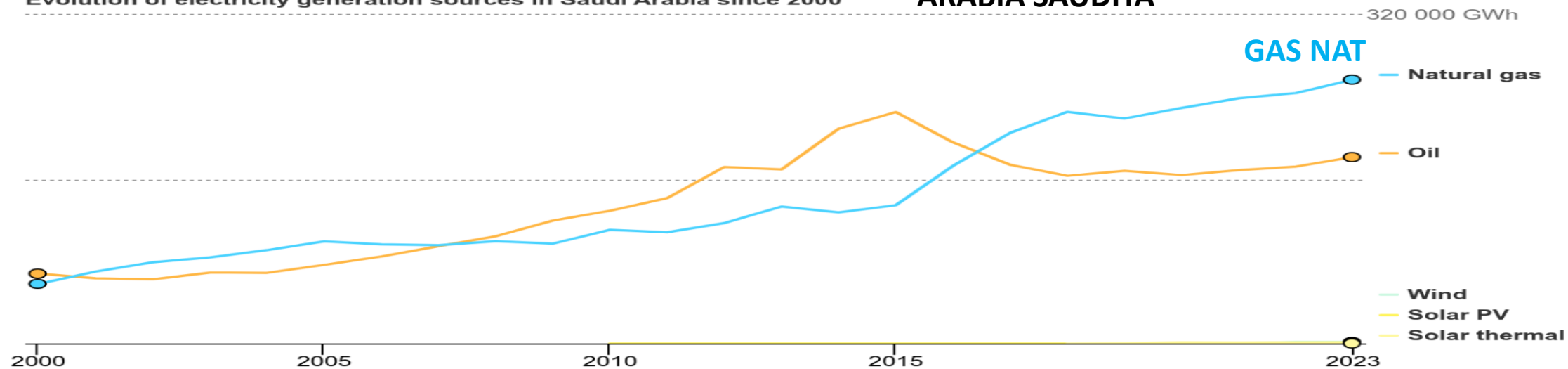
Ra nk	Country/Region	GWh	%
-	Middle East	1 425 653	
1	Saudi Arabia	441 499	31.0
2	Iran	385 239	27.0
3	United Arab Emirates	167 532	11.8
4	Iraq	144 694	10.1
5	Kuwait	88 017	6.2
6	Qatar	56 249	3.9
7	Oman	44 770	3.1
8	Bahrain	37 492	2.6
9	Syria	24 994	1.8
10	Jordan	23 794	1.7

Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0



Evolution of electricity generation sources in Saudi Arabia since 2000

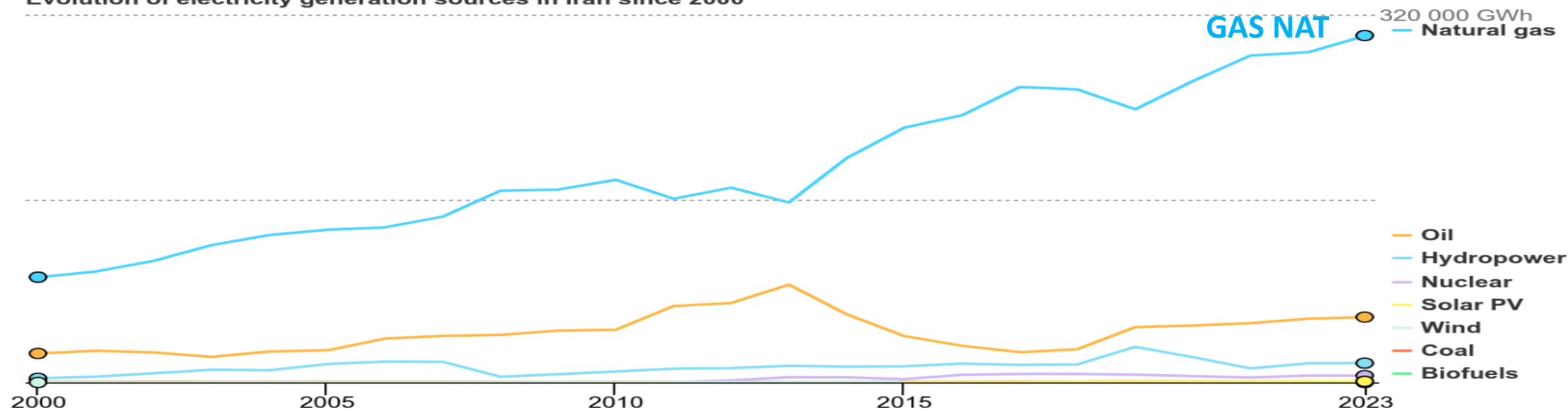
ARABIA SAUDITA



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Evolution of electricity generation sources in Iran since 2000

IRAN

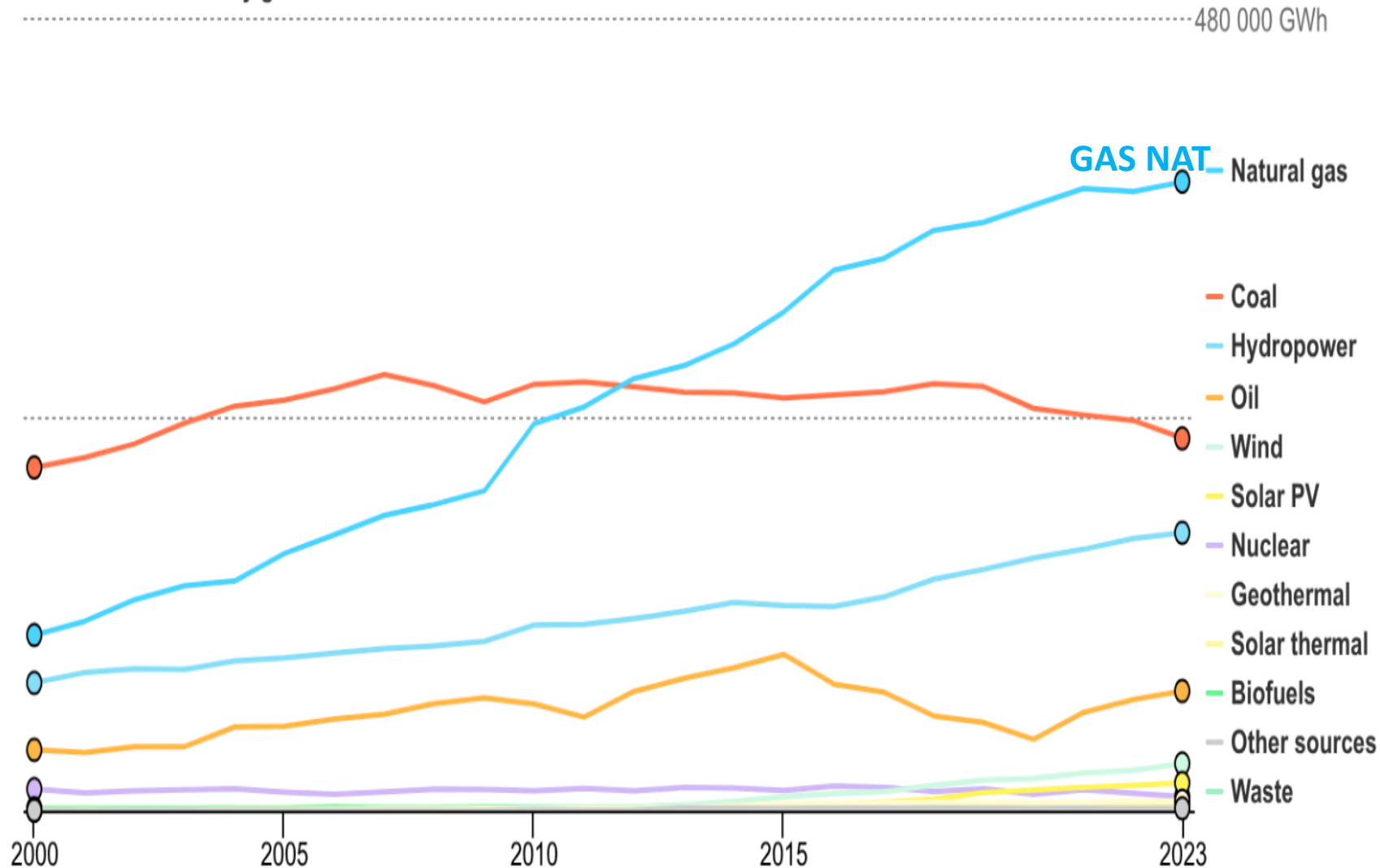


Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0



AFRICA

Evolution of electricity generation sources in Africa since 2000



DATOS 2023

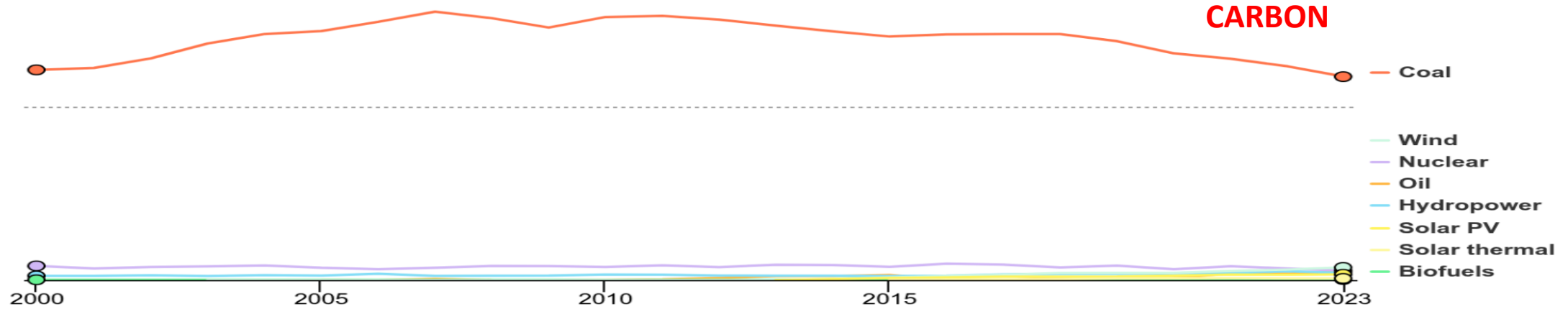
Rank	Country/Region	GWh	%
-	Africa	916 581	
1	South Africa	229 309	25.0
2	Egypt	215 130	23.5
3	Algeria	95 627	10.4
4	Morocco	43 711	4.8
5	Nigeria	40 959	4.5
6	Libya	33 746	3.7
7	Ghana	24 268	2.6
8	Tunisia	21 275	2.3
9	Ethiopia	20 517	2.2
10	Mozambique	19 913	2.2



Evolution of electricity generation sources in South Africa since 2000

SUD AFRICA

320 000 GWh

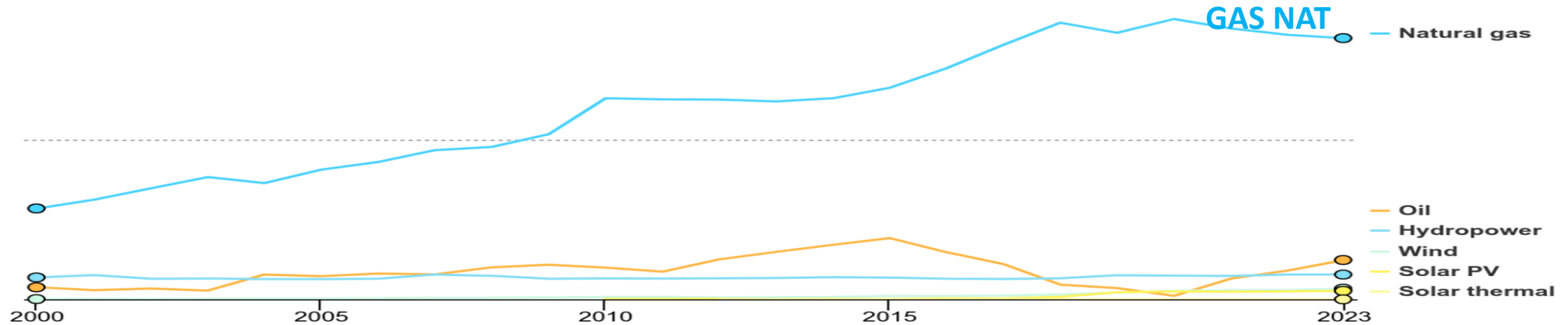


Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Evolution of electricity generation sources in Egypt since 2000

EGIPTO

200 000 GWh



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0





Realicemos un análisis sobre las viabilidades: El papel imprescindible de las energías Nuclear e Hidráulica: Para muchos organismos internacionales y expertos, estas dos fuentes son pilares de una transición eficiente por su capacidad de generar energía de base firme. Seguridad y estabilidad: La energía Nuclear proporciona electricidad limpia fiable 24 horas al día, emitiendo prácticamente cero gases denominados de efecto invernadero (por supuesto hay residuos radiactivos, que deben ser colocados en compartimientos especiales por muchos años)



La agencia internacional de Energía AIE sostiene que prescindir de las Energías Nuclear e Hidráulica harían la transición energética drásticamente muy compleja y altamente costosa.

La viabilidad de una transición energética que excluya a las energía Hidráulicas y Nuclear (considerando de hecho las de base hidrocarburo ya están consideradas fuera de todo análisis), es un tema de intenso debate , con posturas que van desde la advertencia de la **ONU de que sin energía Nuclear (incluyendo la Hidráulica)** no se puede frenar el cambio climático(aunque hay muchos que hoy niegan al cambio climático), pero también existen visiones que consideran que con renovables intermitentes es posible la transición energética, pero además de muy costoso hay grandes complejidades a tener en cuenta (por supuesto hay muchos intereses económicos en juego, de un lado y del otro, y fundamentalmente de las térmicas base hidrocarburos, tanto China como India siguen con los índices mas elevados de ese tipo de generación).



Almacenamiento Masivo: La energía Hidráulica, las de embalse y también las de bombeo es actualmente una de las formas mas establecidas y eficientes de almacenar energía renovable a gran escala. El Director General del Organismo de la Agencia de energía atómica de la ONU Ing Rafael Grossi, afirma que será casi imposible descarbonizar para el año 2050 sin el aporte de energía nuclear. Aunque Alemania no ha regresado todavía a la energía Nuclear, el canciller Friedrich Mer califico el cierre de las plantas de energía nuclear como un grave error estratégico y ha expresado su decisión de reconstruir la capacidad nuclear de Alemania.



Desafíos de una transición energética a base de Energía Solar y Eólica: si eliminamos la Generación Nuclear y Hidráulica (solo es un análisis) , en tal caso el sistema eléctrico de potencia dependerá de fuente de energía intermitentes que presentan los siguientes retos críticos. La producción de estas fuentes fluctúan según las condiciones climáticas, que dificultan predecir con total exactitud su disponibilidad



- Tanto la energía Eólica como la Solar, necesitan tener sistemas de almacenamiento, actualmente se utilizan las baterías a las de **iones de Litio** conocidas como BESS pero han tenido muchísimos problemas por condiciones térmicas generando explosiones masivas como las ocurridas en California EEUU, por eso China está experimentando con baterías de almacenamiento a base de **iones de sodio**, actualmente son más caras que las de Litio, pero son más seguras y son renovables.



- El otro aspecto a tener en cuenta son los inversers (inversores de CC a CA) que poseen los sistemas de almacenamiento de las energías Eólicas y Solar fotovoltaicas, y hoy se está produciendo una mutación de los inversores **Grid Following** (que son fuentes de corrientes) a **Grid Forming** que actúan como fuentes de tensión garantizando inercia y control de tensión y frecuencia evitando problemas de estabilidad dinámica, causa de Blackout energéticos. De todas maneras, todavía la Energía térmica en base a hidrocarburos seguirá por mucho tiempo mas ya que ni china ni India y EEUU no dejarán de usarlas por el momento y por lo que se denota fundamentalmente mientras tengan disponibilidad de gas y petróleo , de todas maneras, tanto la energía Hidráulica como la Energía Nuclear serán la columna vertebral en la transición energética.





SISTEMA ARGENTINO COMPARADO CON EUROPA

Por ser un sistema tan largo tiene mayores implicancias en cuestiones asociadas a transmisión en largas distancias:

- Protecciones especiales (DAG)
- Capacitores serie
- Resistores de frenado
- Reactores de líneas
- Recierres monofásicos

Prácticamente la misma superficie
Potencia instalada EUROPA 848 GW
Potencia instalada Argentina 43,525 GW



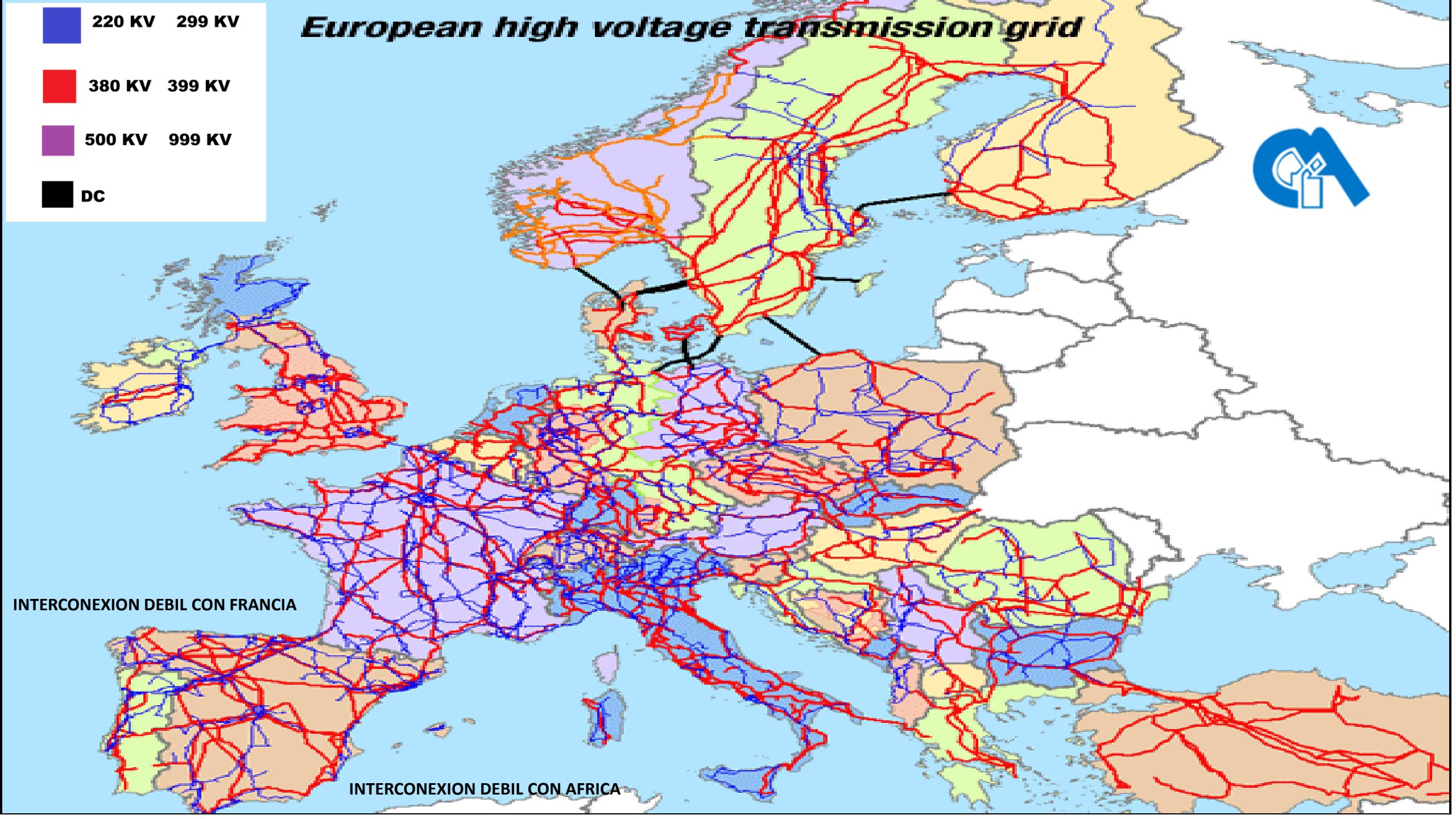
European high voltage transmission grid

- 220 KV 299 KV
- 380 KV 399 KV
- 500 KV 999 KV
- DC



INTERCONEXION DEBIL CON FRANCIA

INTERCONEXION DEBIL CON AFRICA





ESPAÑA Y
PORTUGAL

CAPACIDAD COMERCIAL
DE FLUJOS DE POTENCIA

. El caso mas conocido fue el apagón de la península Ibérica en el año 2025. Fuentes del [Ministerio para la Transición Ecológica \(MITECO\)](#) admiten que el sistema no contaba con **suficiente capacidad de control dinámico de tensión** para reaccionar ante un evento de esa magnitud. La transición hacia un modelo eléctrico con **alta penetración renovable**—más descentralizado y sensible a cambios súbitos de carga— ha puesto de relieve la necesidad de modernizar las reglas y los mecanismos de protección.

Las incógnitas que persisten A pesar de los avances, todavía quedan zonas de sombra. El nombre de la instalación que provocó la primera alteración no se ha hecho público "por motivos de confidencialidad". Tampoco se ha determinado aún si hubo **negligencia técnica o fallos de supervisión** por parte de los operadores privados.



El propio Ejecutivo reconoce, además, que existen discrepancias entre REE (Red eléctrica Española) y el Gobierno sobre la secuencia exacta del fallo y el papel que desempeñaron algunos agentes del sistema. Mientras tanto, sigue su curso y ya han emitido recientemente un informe que apunta a la **falta de control de tensión en el sistema eléctrico**, como venimos diciendo.

El gran apagón de abril ha servido como **advertencia técnica y política**. España dispone de una red extendida y pero una interconexión débil, pero la creciente complejidad del sistema eléctrico —**más digital, más renovable y más expuesto a perturbaciones instantáneas**— exige nuevas herramientas de control. Las causas se van esclareciendo, pero el mensaje es claro: incluso en una red moderna y segura, **la estabilidad eléctrica es un equilibrio delicado**



Lo ocurrido el 28 de abril 2025 fue un aviso, y sus lecciones marcarán buena parte del debate energético de los próximos años. Causas del Blackout energético en la Península Ibérica (Considerada isla energética)

1 Sobretensión inicial En el suroeste de España la alta producción de energía solar y la caída de la demanda energética generaron un exceso de niveles de tensión en la red eléctrica (grados de inserción).

2 Fallo en el control de tensión: Los recursos para controlar esta tensión no respondieron como debían, ya sea por falta de programación (deficiencias en el despacho de cargas).



3 Reacción en cascada: Las protecciones automáticas desconectaron las Centrales Eléctricas para protegerse **(DAG Y DAC)** y se agravó el desequilibrio y se extendió de manera simultánea en toda la península.

4 Problemas de Coordinación: Fallaron los mecanismos de seguridad que debían contener la perturbación y la coordinación en distintos centros de control, por supuesto el centro de control general es el primero que fallo

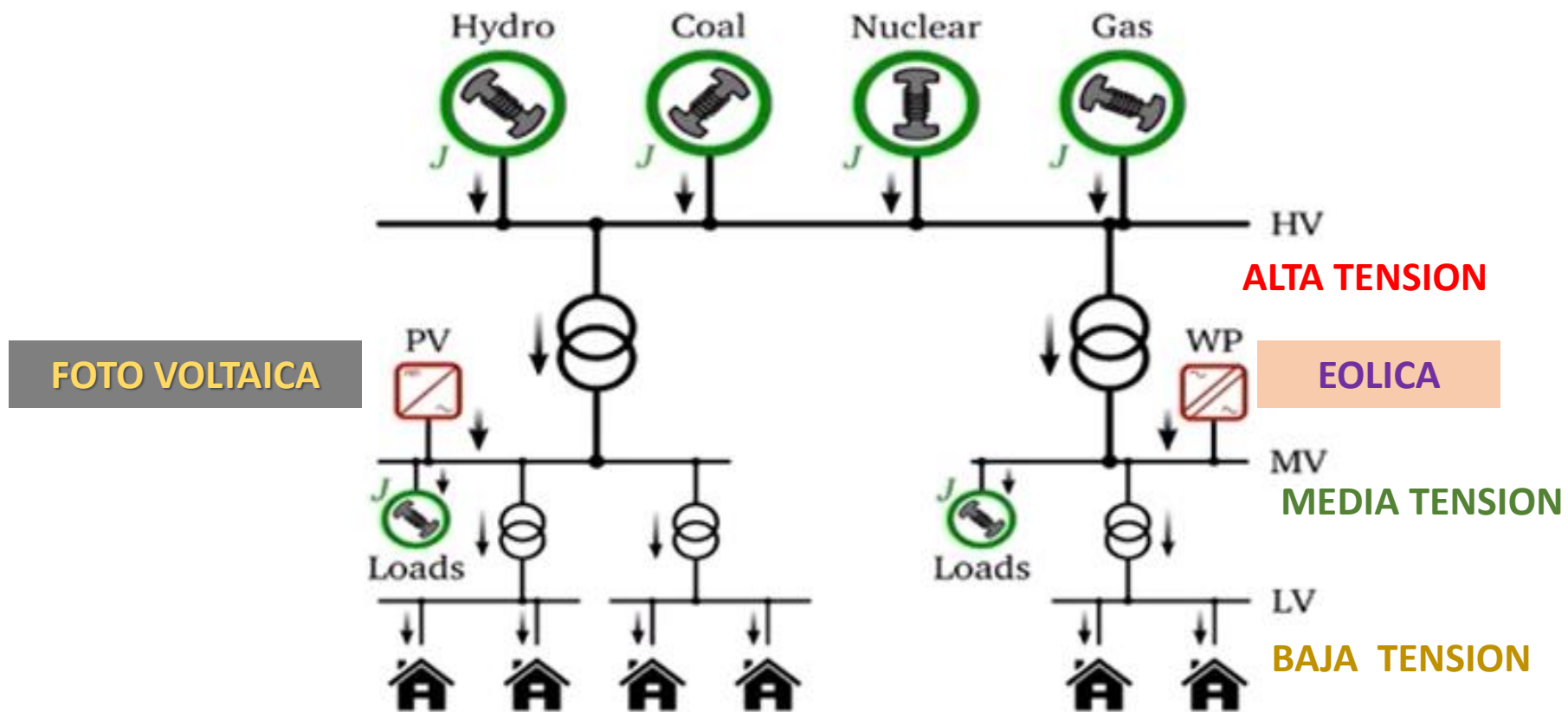
Además, se suma que las interconexiones de la península ibérica son muy débiles, y había muy poca energía de base en funcionamiento.

Europa occidental está altamente interconectada, siendo Francia la columna vertebral por el grado de inserción que posee con Energía Nuclear.



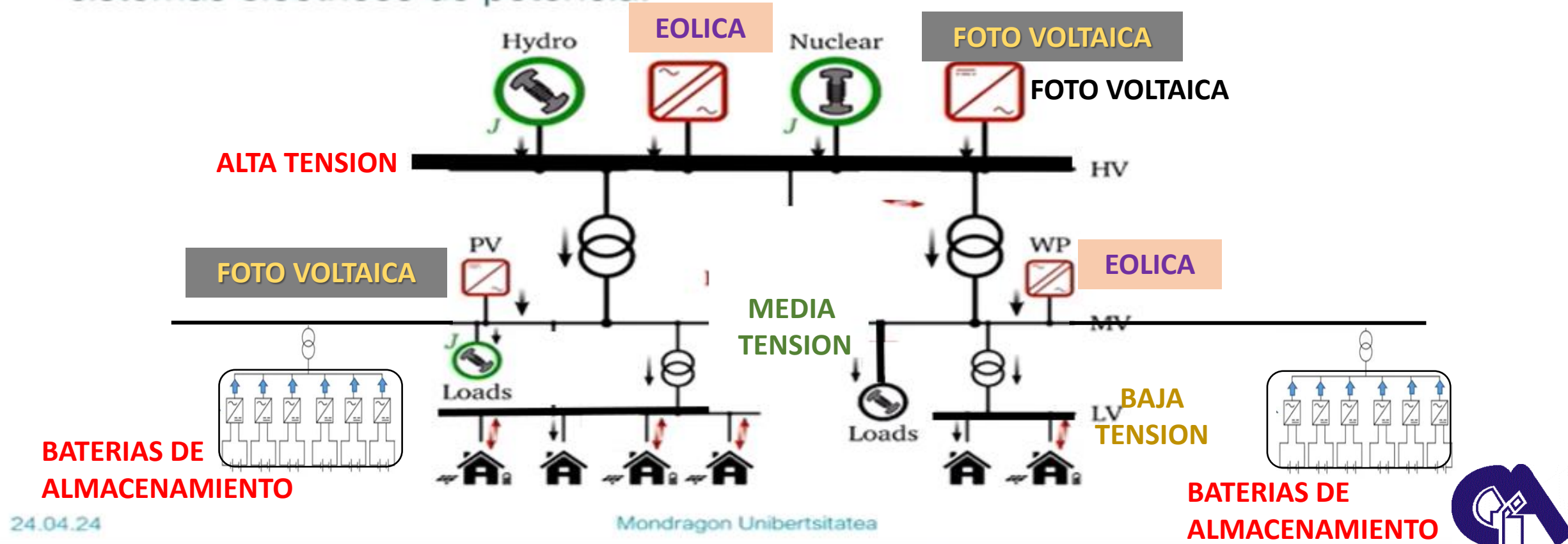
Sistemas eléctricos convencionales

- Sistema eléctrico convencional



Sistemas eléctricos del futuro

- Un problema que surge con la integración masiva de fuentes de generación de origen renovable y de equipos conectados a través de convertidores electrónicos de potencia es la disminución de los niveles de inercia de los sistemas eléctricos de potencia.



Según el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de Naciones Unidas, - datos a diciembre de 2025- hay 70 unidades de centrales nucleares en construcción en 15 países entre los que se encuentran China, India, Egipto, Rusia y Corea del Sur. Todos ellos, conscientes de los desafíos energéticos y medioambientales, construyen nuevas plantas porque consideran que la energía nuclear es una fuente esencial para el presente y futuro de sus países.

La energía hidroeléctrica se ha consolidado como una de las grandes protagonistas en el avance hacia sistemas energéticos más sostenibles a nivel mundial. Los proyectos de gran envergadura y las inversiones sin precedentes están transformando los paisajes geográficos y energéticos de regiones enteras, mientras que las promesas de descarbonización chocan con debates sobre impactos ambientales y equilibrios de poder internacional.



SERVICIOS ELECTRICOS DE POTENCIA SEP

**CENTROS DE CONTROL DE CARGAS, DESPACHO DE CARGAS
PLANIFICACION DE LA OPERACIÓN DIARIA Y FUTURA
GRADOS DE INSERCIÓN: RENOVABLES NO CONVENCIONALES E
INTERMITENTES**

SISTEMAS DE DISTRIBUCION:--→REDES INTELIGENTES





**LOS SISTEMAS
ELECTRICOS DE
POTENCIA NO SON DE
POTENCIA INFINITA**

***NO SE PUEDE CONTROLAR Y O
GESTIONAR LO NO SE PUEDE
OBSERVAR Y O MEDIR***

FIN

ING EDUARDO SORACCO MAT PROF CPIM 2330

