



ITER GUILLERMO GALVÁN

ABASTECIMIENTO 100% RENOVABLE EN LA ISLA DE TENERIFE

#COMPARTIENDOCIENCIA EN EL ITER

11NOVIEMBRE16



¿POR QUÉ CAMBIAR?

**EL COSTE DE LAS
RENOVABLES**

**LA ENERGÍA EN
CANARIAS**

**DURACIÓN DE
RESERVAS**

**TENERIFE
100%**

MODO DE VIDA

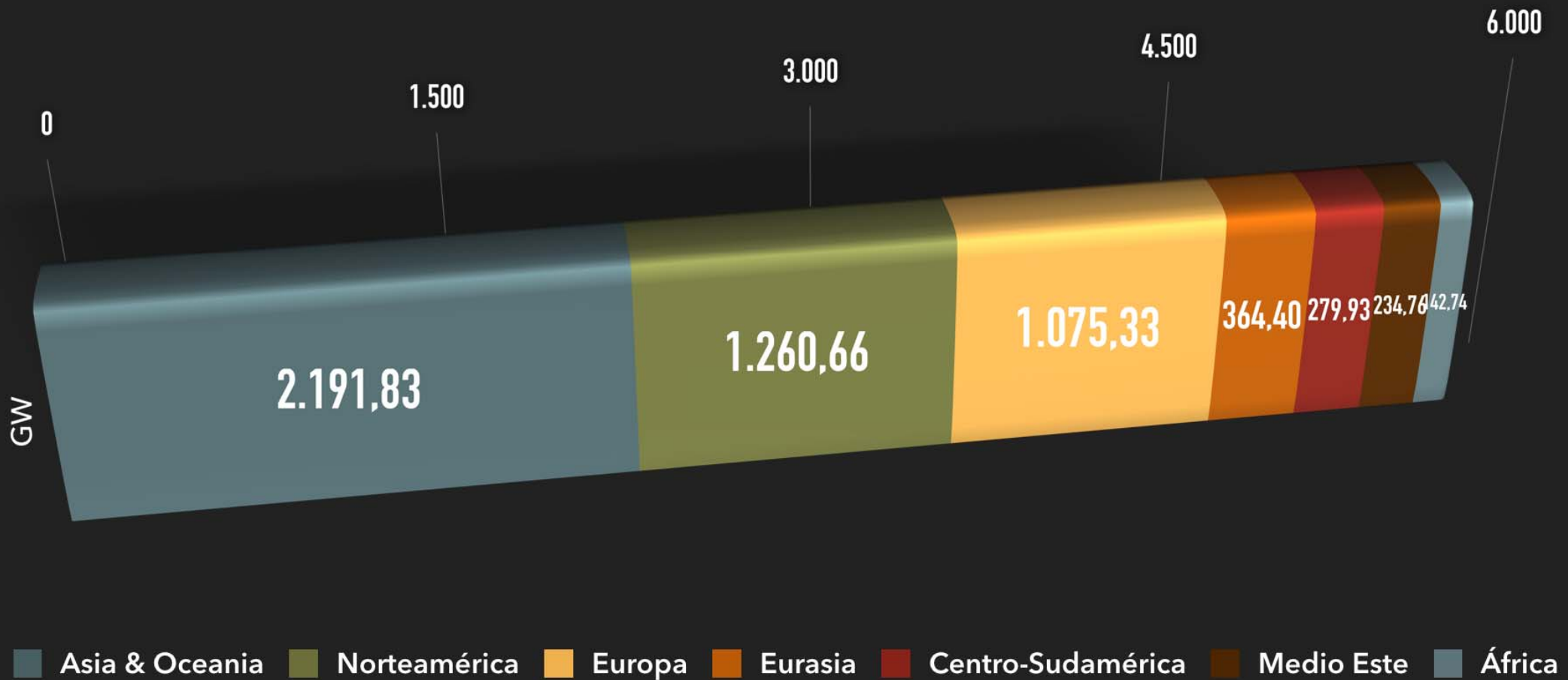
**PRECIO DEL
PETRÓLEO**

**MERCADO
ELÉCTRICO**

A nighttime photograph of a city skyline, likely Chicago, viewed from an elevated position. The foreground is dominated by a large, dense forest of trees, many of which are illuminated with green lights. In the background, numerous skyscrapers and buildings are lit up, creating a vibrant cityscape against the dark night sky. A large, semi-transparent blue circle is overlaid on the left side of the image, containing the text "MODO DE VIDA" in white, bold, uppercase letters.

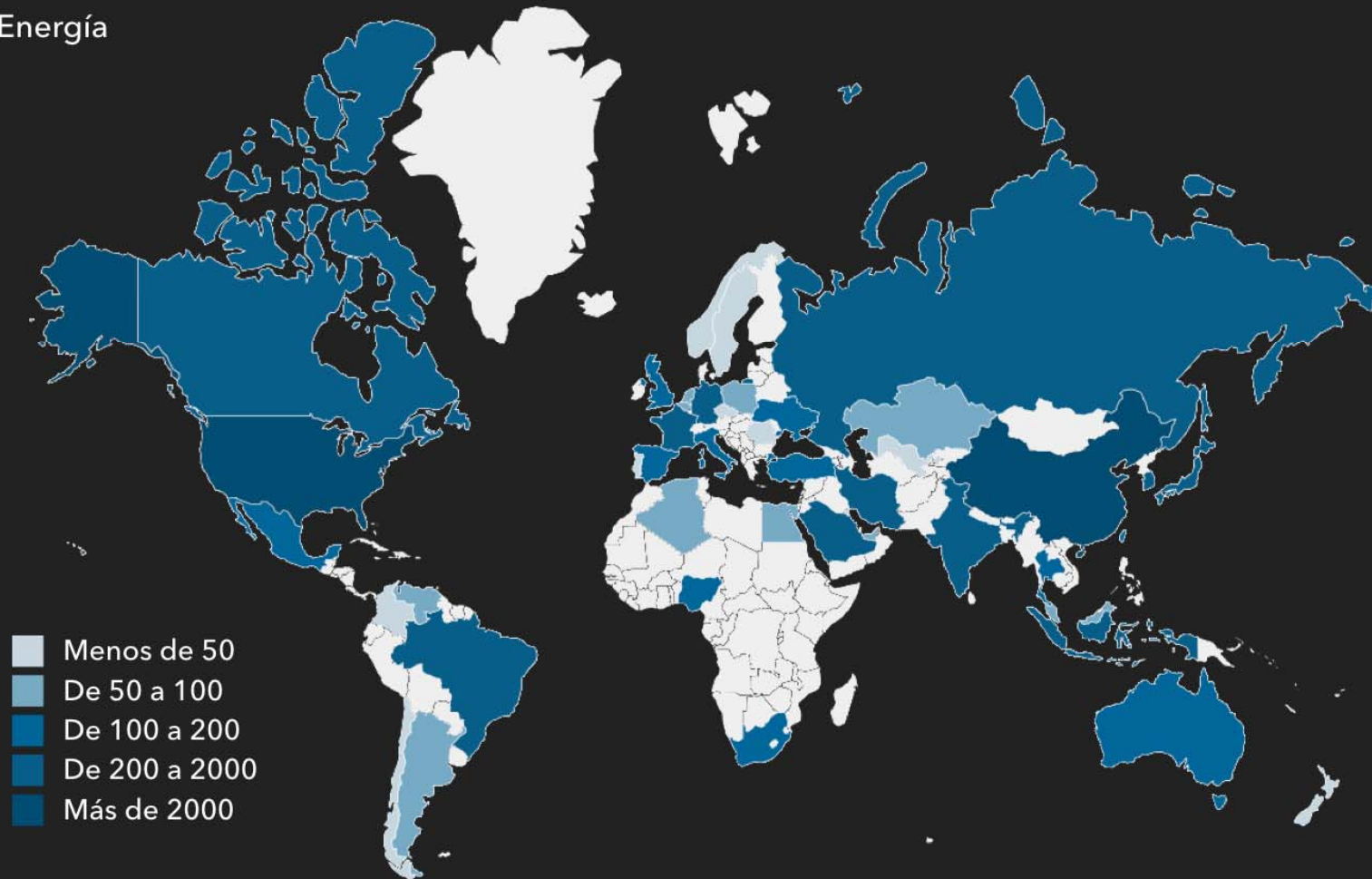
MODO DE VIDA

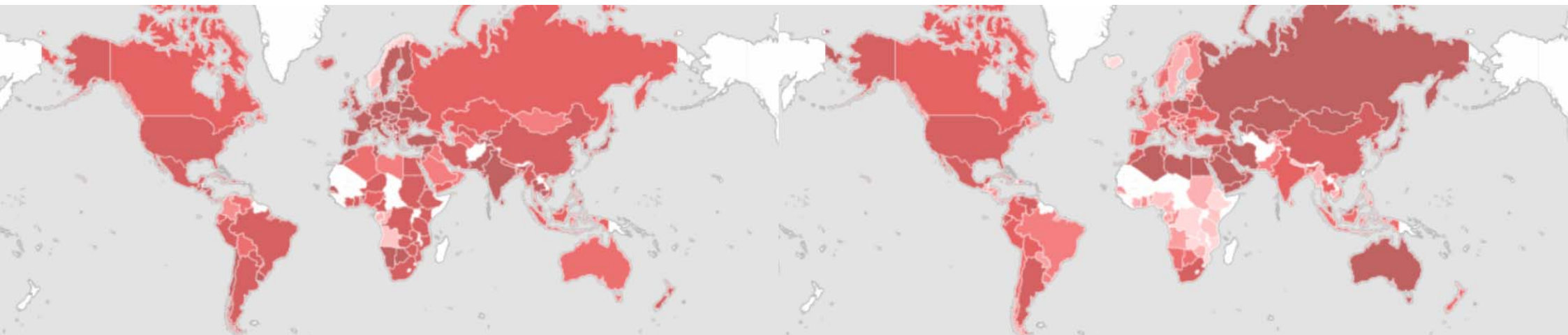
POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA A NIVEL MUNDIAL (GWp)



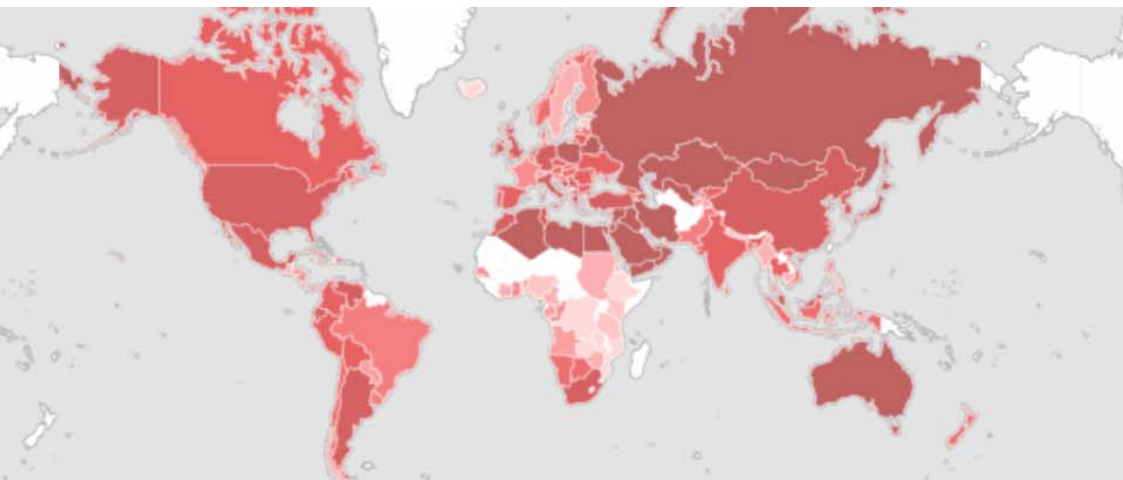
LA SITUACIÓN ENERGÉTICA MUNDIAL

Consumo Total de Energía
por países (Mtep)

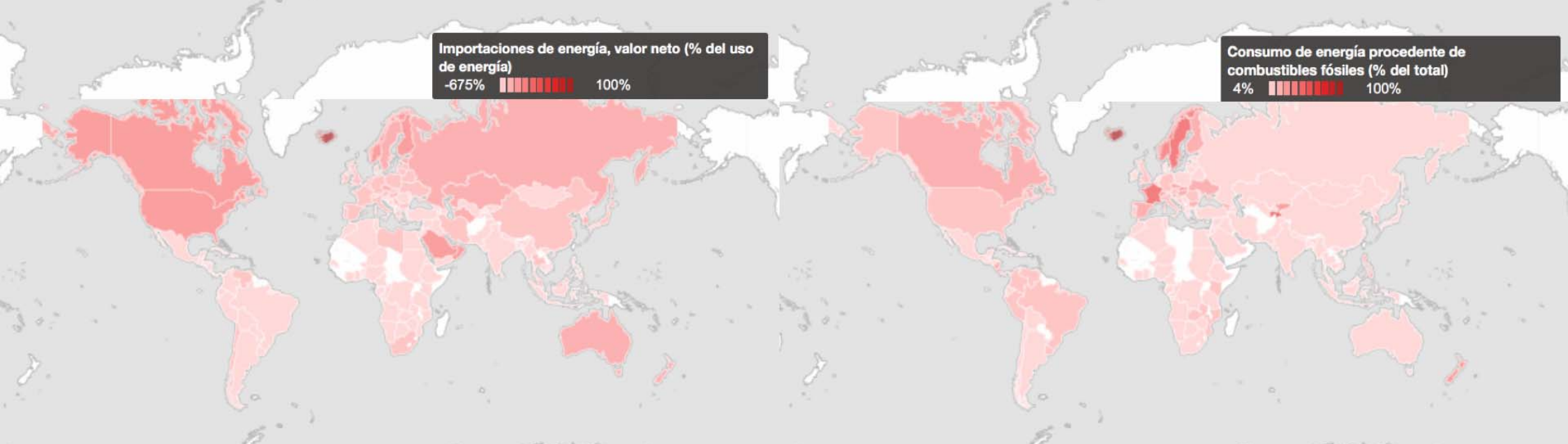




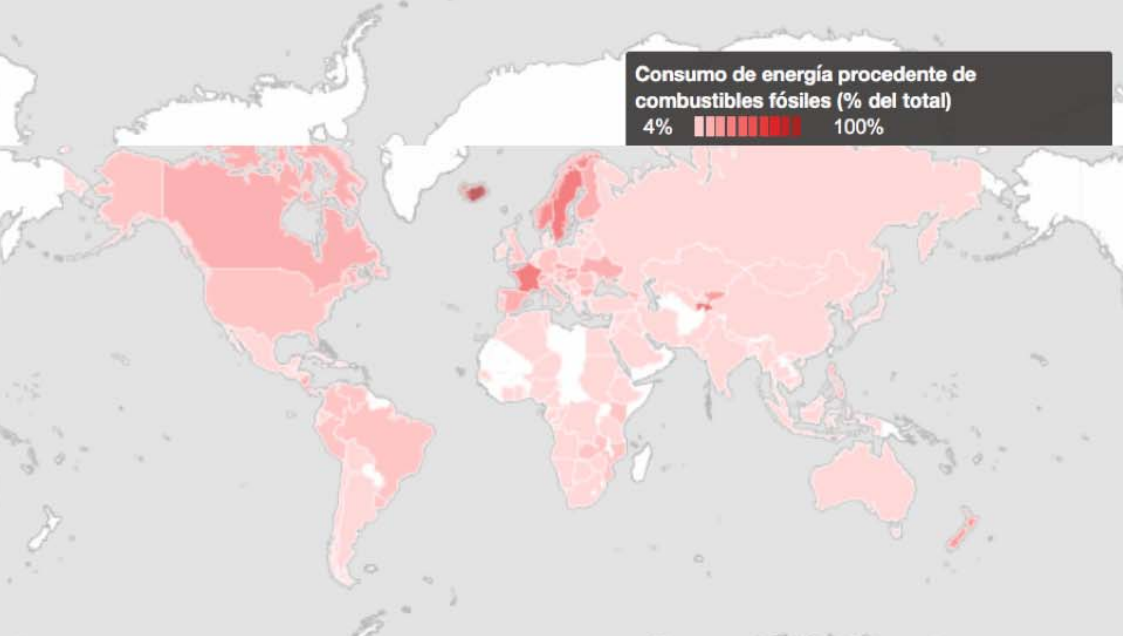
Importaciones de energía, valor neto (% del uso de energía)
-675% ██████████ 100%



Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total)
4% ██████████ 100%



Uso de energía (kg de equivalente de petróleo per cápita)
59 ██████████ 19.120

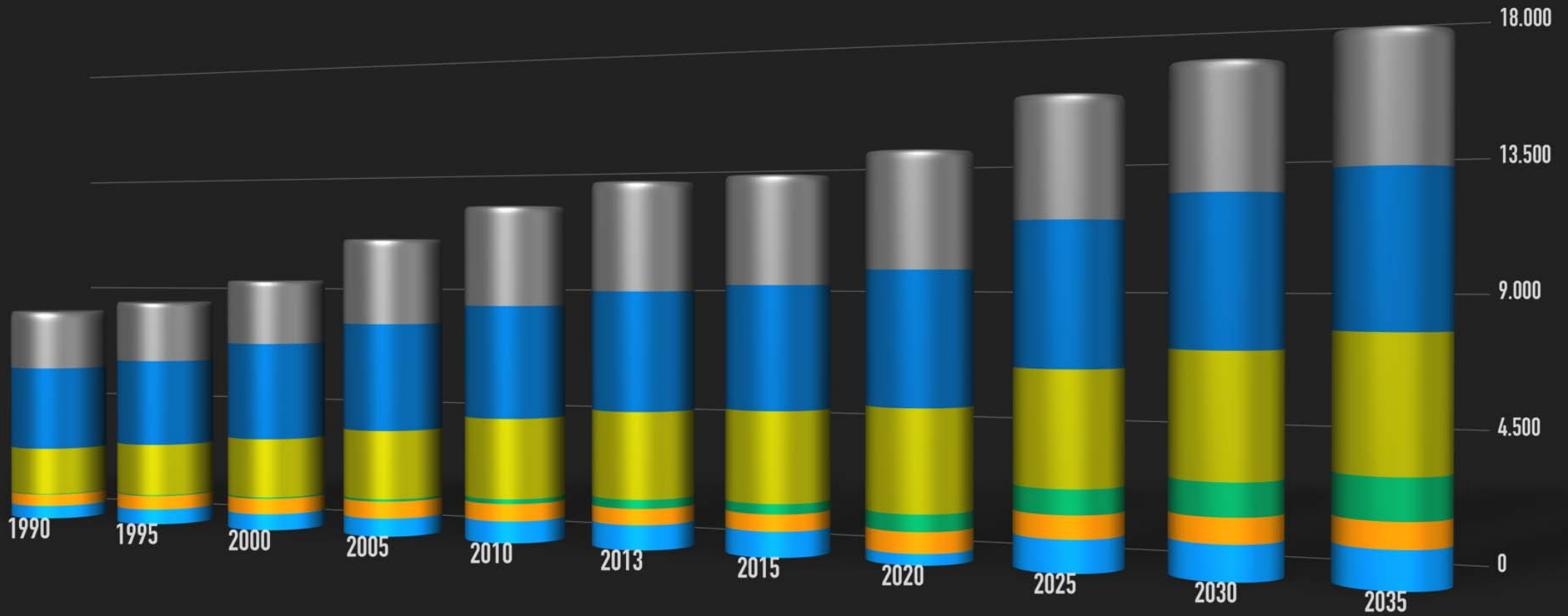


Energía nuclear y alternativa (% del total de uso de energía)
0% ██████████ 90%

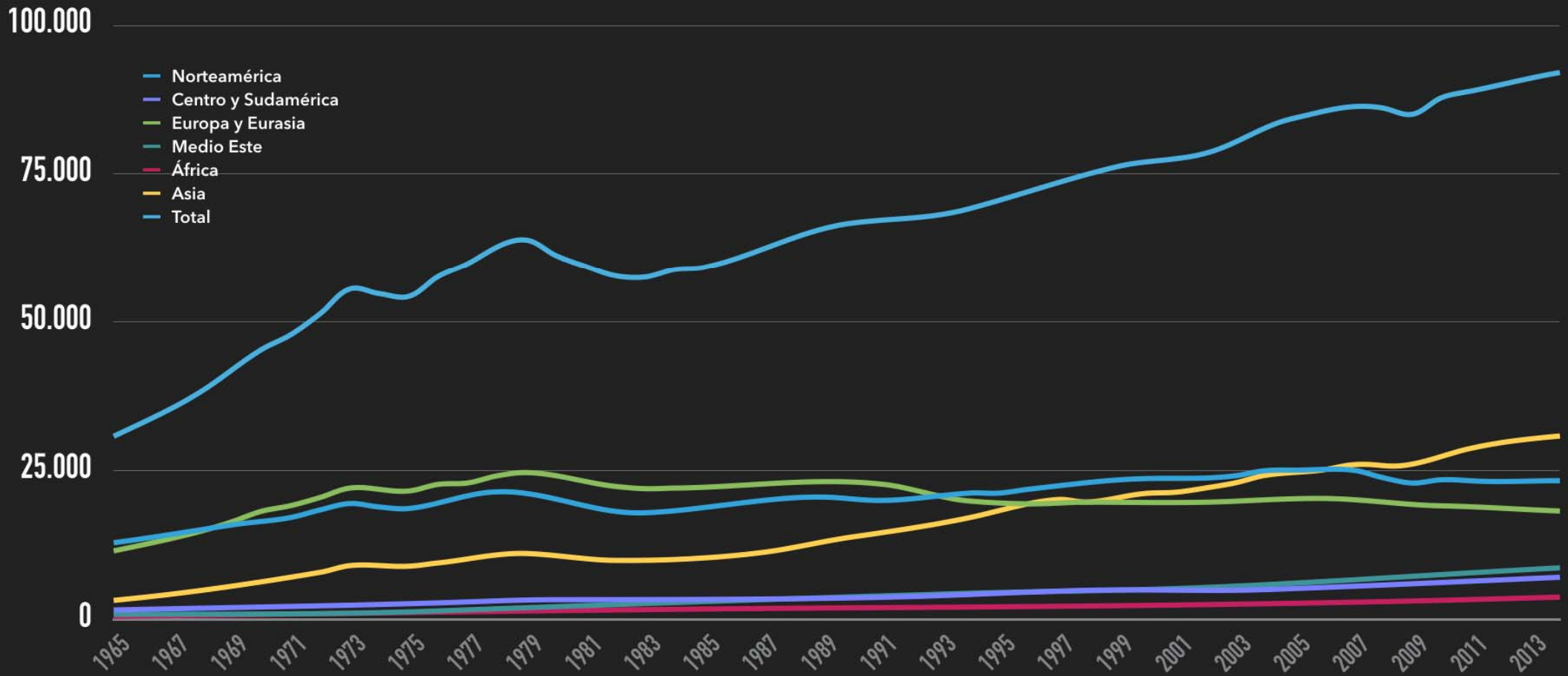
LA SITUACIÓN ENERGÉTICA MUNDIAL

Mix Energético y Estimaciones de Futuro (Mtep)

- Hidroeléctrica
- Nuclear
- Renovables
- Gas Natural
- Petróleo y deriv.
- Carbón



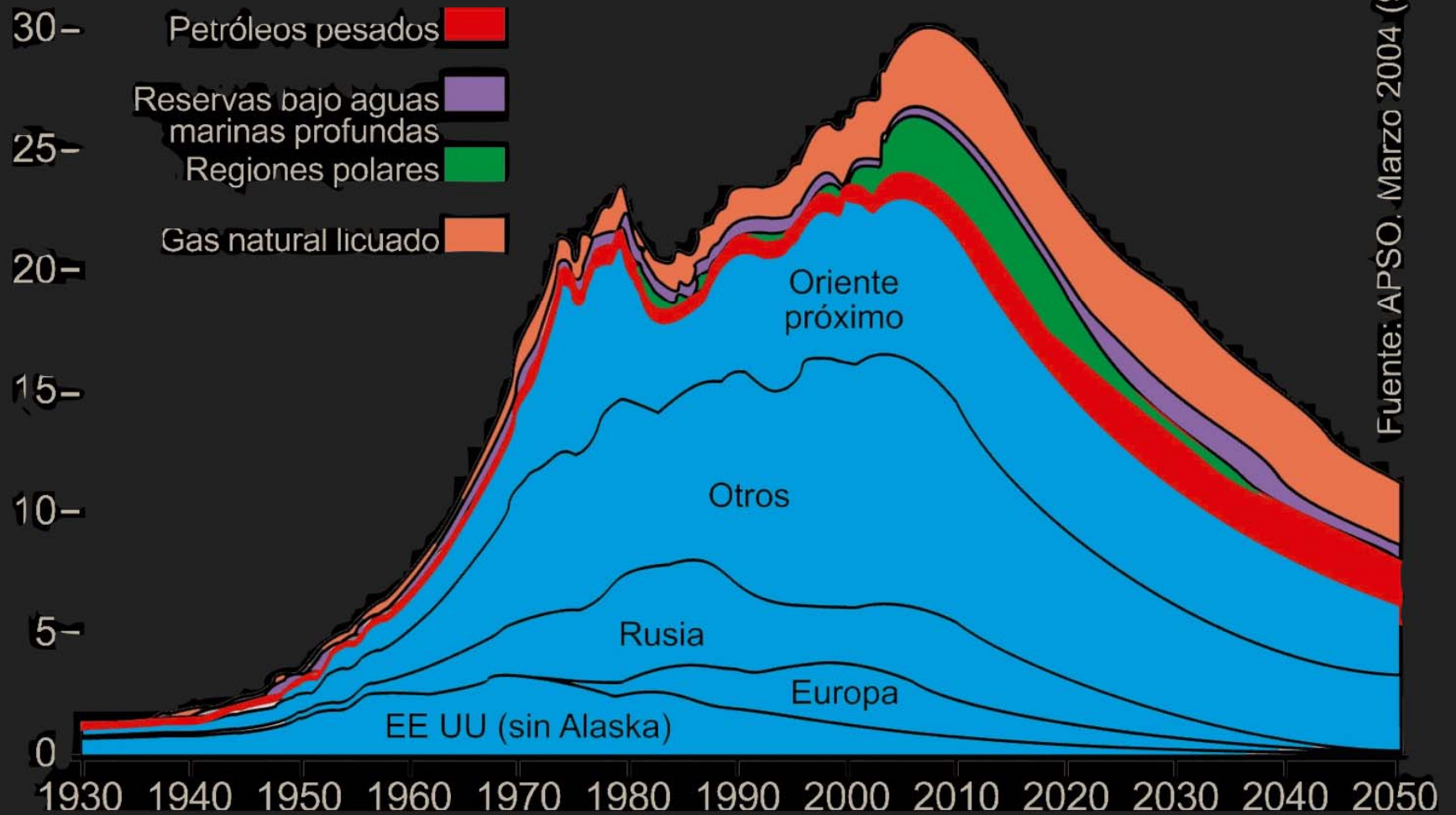
CONSUMO DE PETRÓLEO (MILES DE BARRILES DIARIOS)



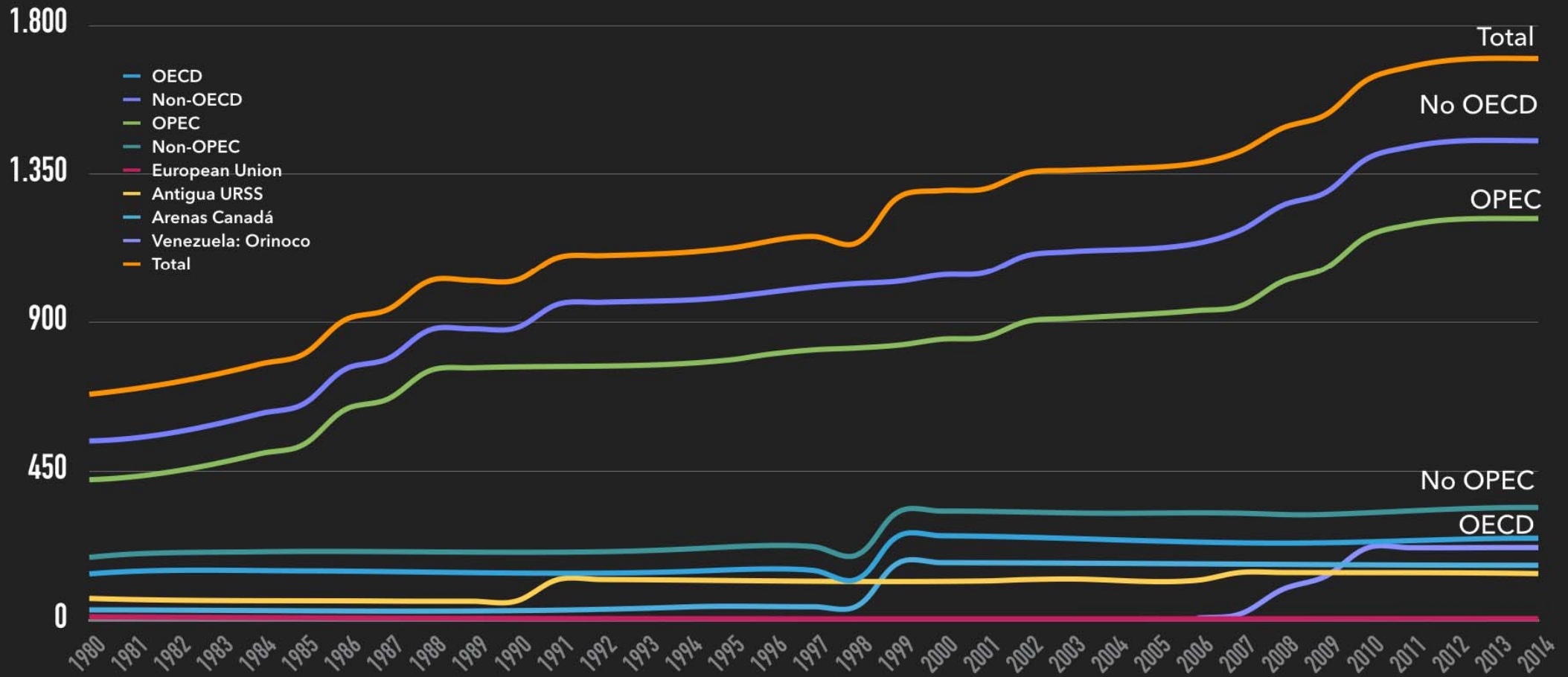


**DURACIÓN DE
RESERVAS**

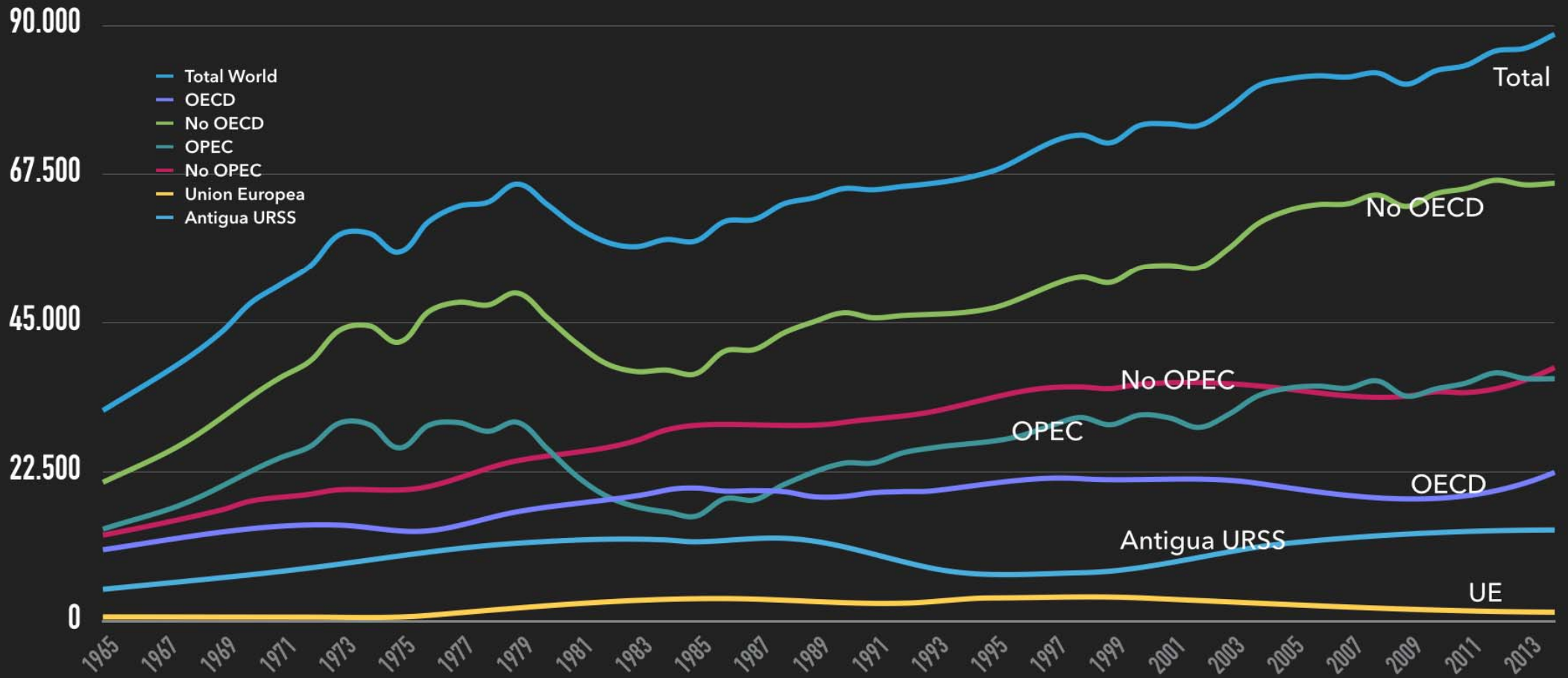
CURVA DE HUBBERT - PICO DE EXTRACCIÓN (MILES DE MILLONES DE BARRILES)



RESERVAS PROBADAS DE PETRÓLEO (MILES DE MILLONES DE BARRILES)



PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO (MILES DE BARRILES DIARIOS)



EURASIA

99 Billion Barrels Remaining = 65 Years of Production

AFRICA

117 Billion Barrels Remaining = 99 Years of Production

MIDDLE EAST

746 Billion Barrels Remaining = 299 Years of Production

EUROPE

14 Billion Barrels Remaining = 2 Years of Production

ASIA & OCEANIA

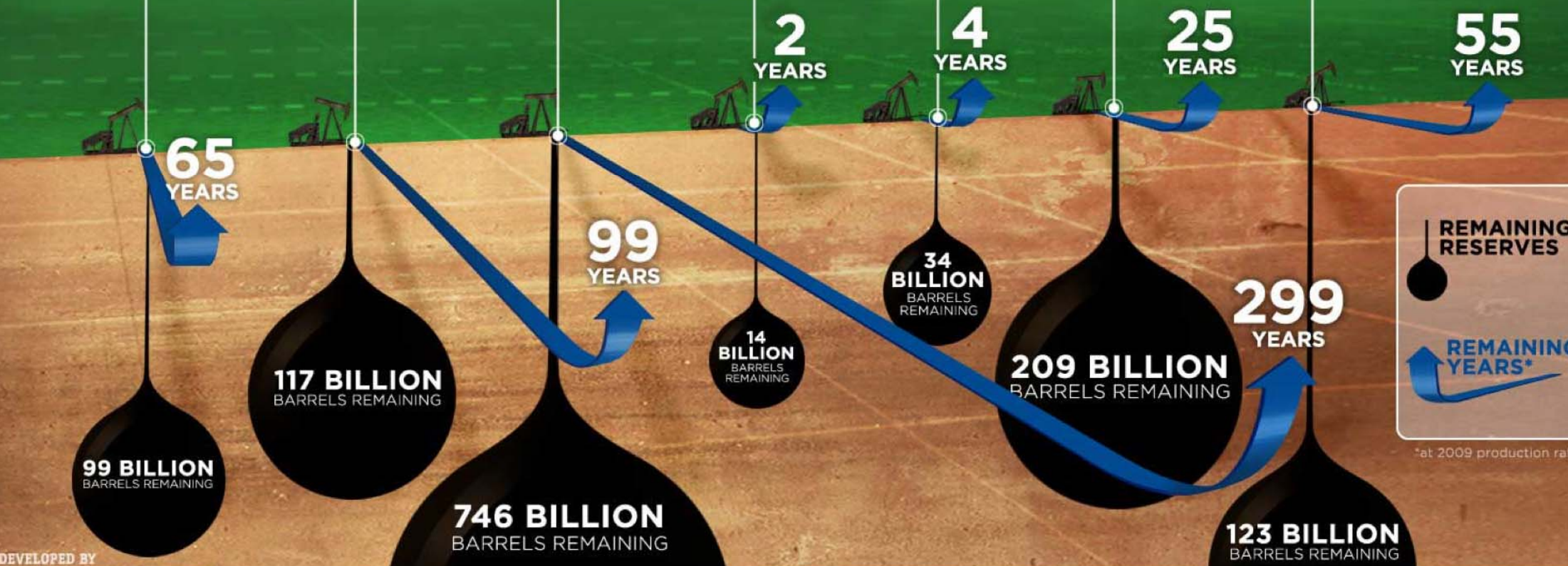
34 Billion Barrels Remaining = 4 Years of Production

NORTH AMERICA

209 Billion Barrels Remaining = 25 Years of Production

SOUTH AMERICA

123 Billion Barrels Remaining = 55 Years of Production



REMAINING RESERVES

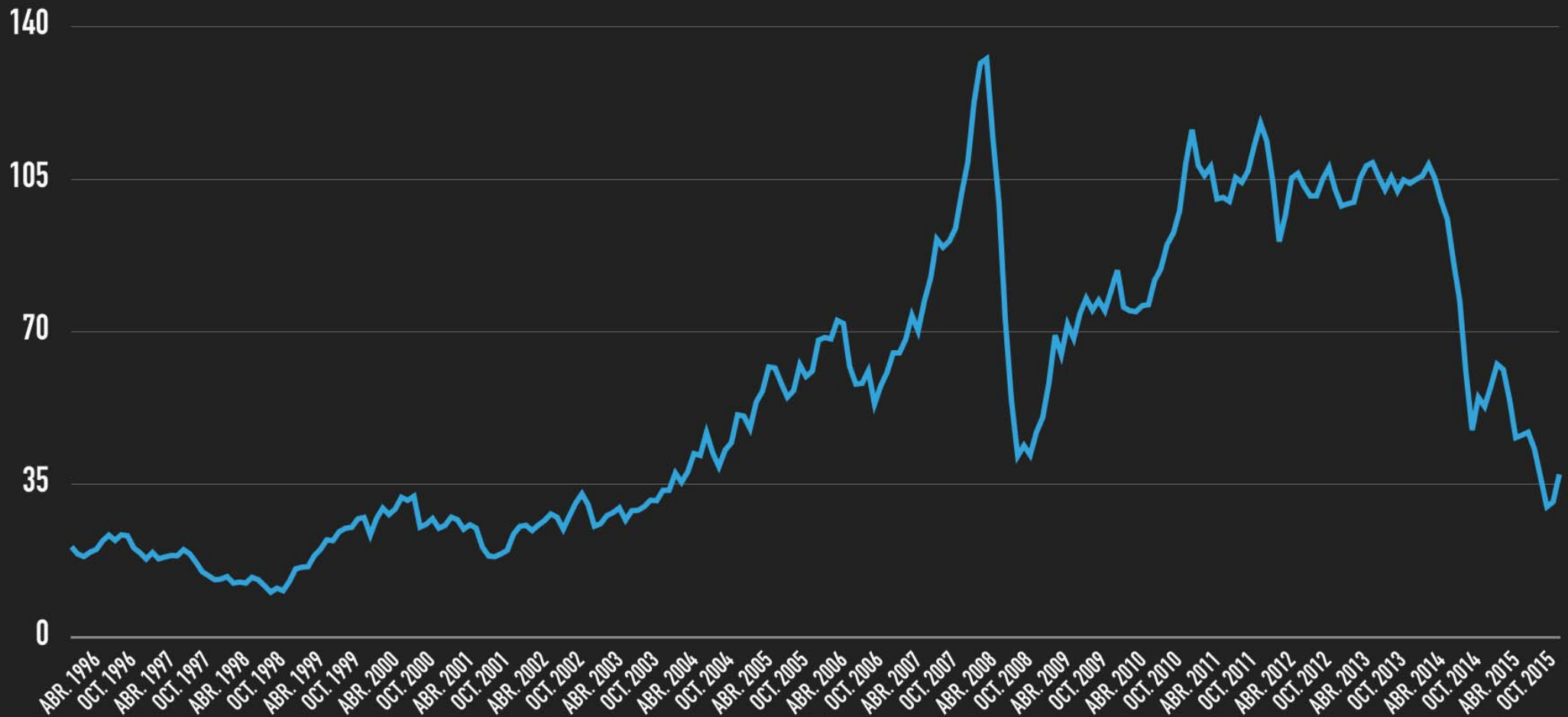
REMAINING YEARS*

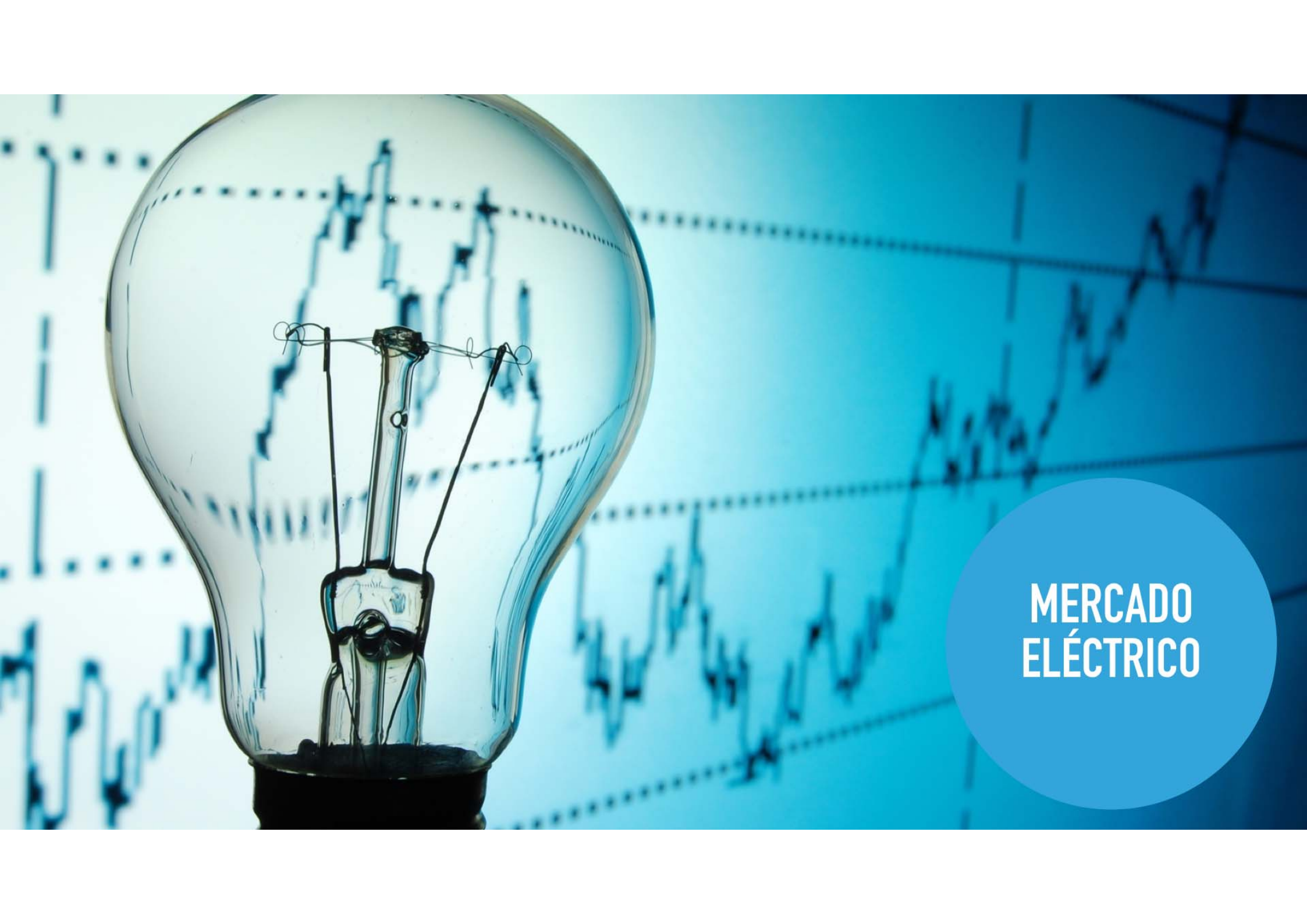
*at 2009 production rate



PRECIO DEL
PETRÓLEO

EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL BARRIL DE PETRÓLEO (\$)





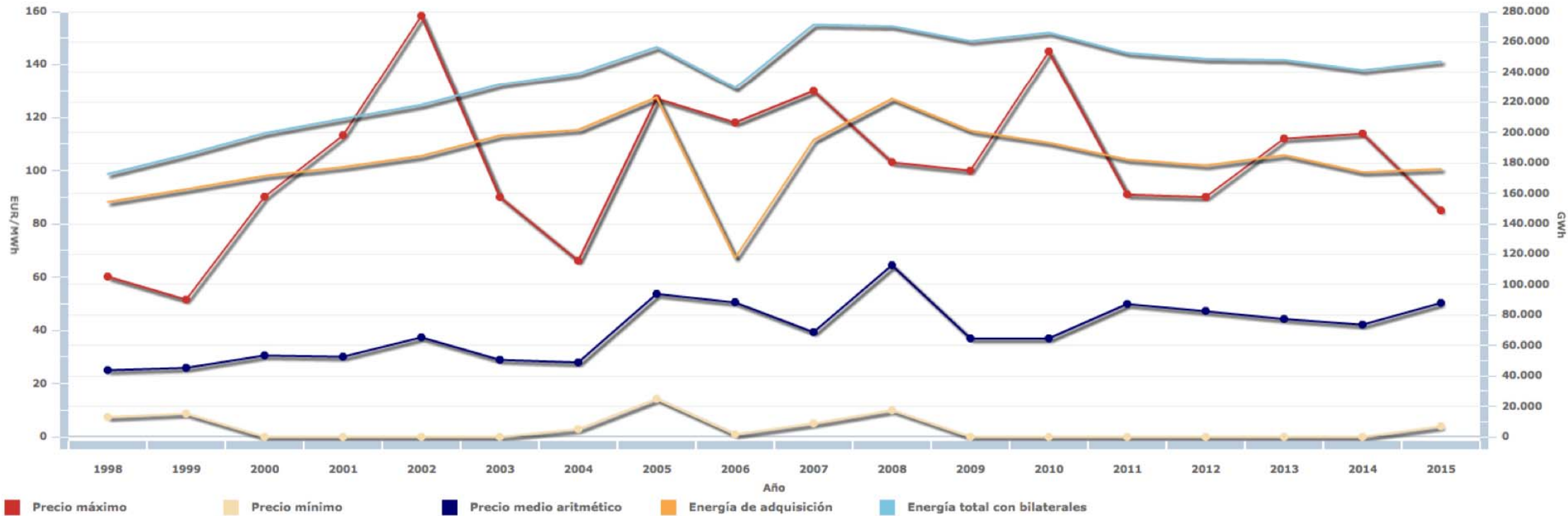
**MERCADO
ELÉCTRICO**

EL MERCADO ELÉCTRICO

- ▶ Hasta el año 1997 era el Gobierno el encargado de fijar las tarifas eléctricas. Ese año se promulgó la Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico (como transposición de la Directiva 96/92/CE de 19 de diciembre de 1996), que liberalizaba el mercado eléctrico en España y sigue en vigor actualmente tras diversas modificaciones: Ley 53/2002 de 30 de diciembre, Ley 24/2005 de 18 de noviembre y la Ley 17/2007 de 4 de julio.
- ▶ En julio de 2013 se aprueba la reforma energética que pretende ahorrar 4.500 millones de euros anuales (Real Decreto Ley 9/2013): un decreto ley, un proyecto de ley y ocho reales decretos. Se eliminan las primas a las renovables con carácter retroactivo, se introduce el concepto de rentabilidad razonable (7,5%) calculada a partir de un proyecto tipo, y se castiga el autoconsumo. El Congreso convalida en diciembre el proyecto de Ley del Sector Eléctrico.

EVOLUCIÓN DEL PRECIO MEDIO DEL MERCADO ELÉCTRICO

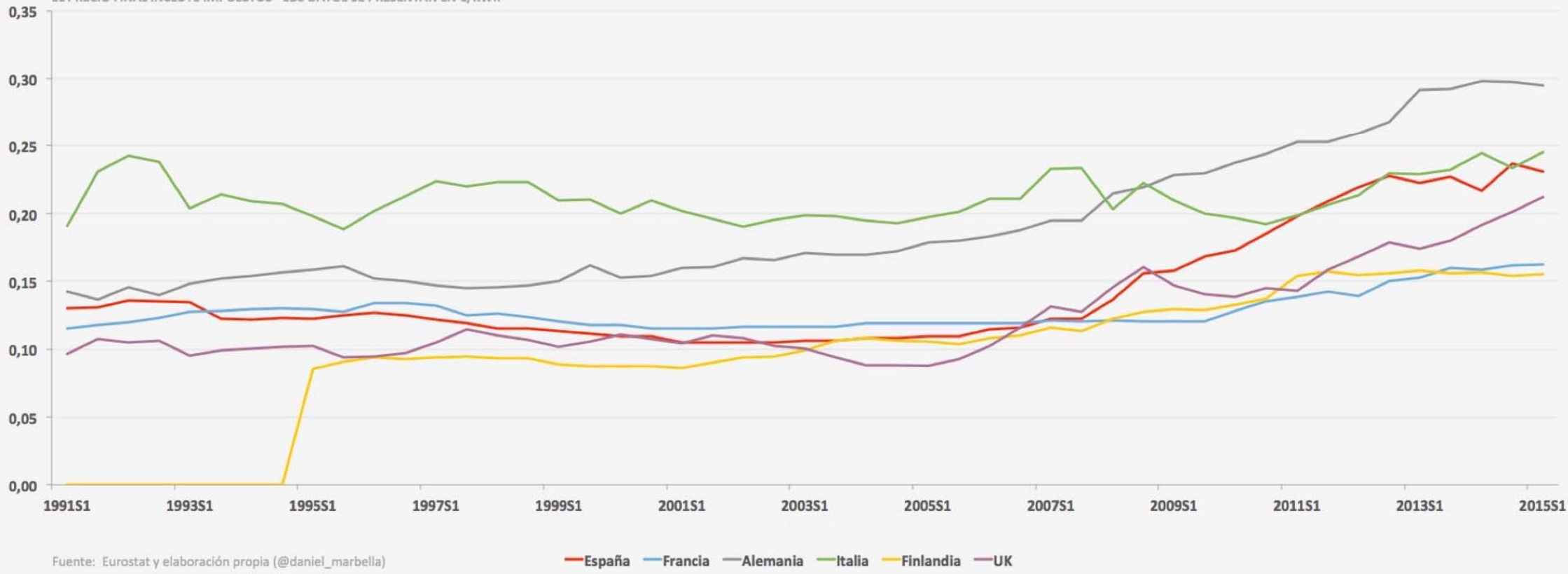
Mínimo, medio y máximo precio de la casación del mercado diario - Sistema: España



EVOLUCIÓN DEL PRECIO FINAL DE LA ELECTRICIDAD

EVOLUCIÓN DEL PRECIO FINAL DE LA ELECTRICIDAD PARA CONSUMIDORES DOMÉSTICOS 1991-2015

EL PRECIO FINAL INCLUYE IMPUESTOS - LOS DATOS SE PRESENTAN EN €/KWh



Fuente: Eurostat y elaboración propia (@daniel_marbella)



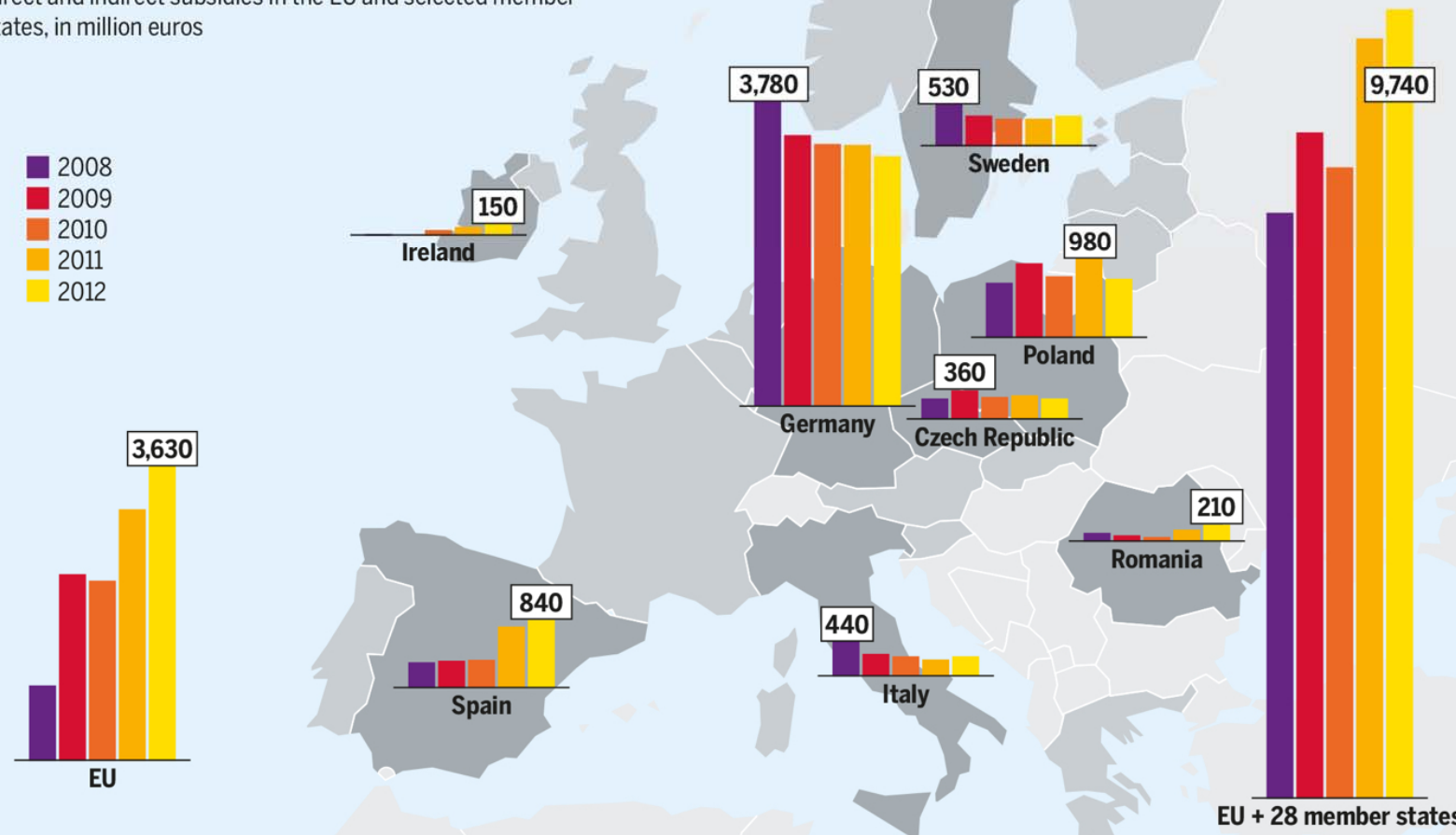
**EL COSTE DE LAS
RENOVABLES**

LAS RENOVABLES Y LAS PRIMAS

FROM THE PUBLIC PURSE

Direct and indirect subsidies in the EU and selected member states, in million euros

- 2008
- 2009
- 2010
- 2011
- 2012

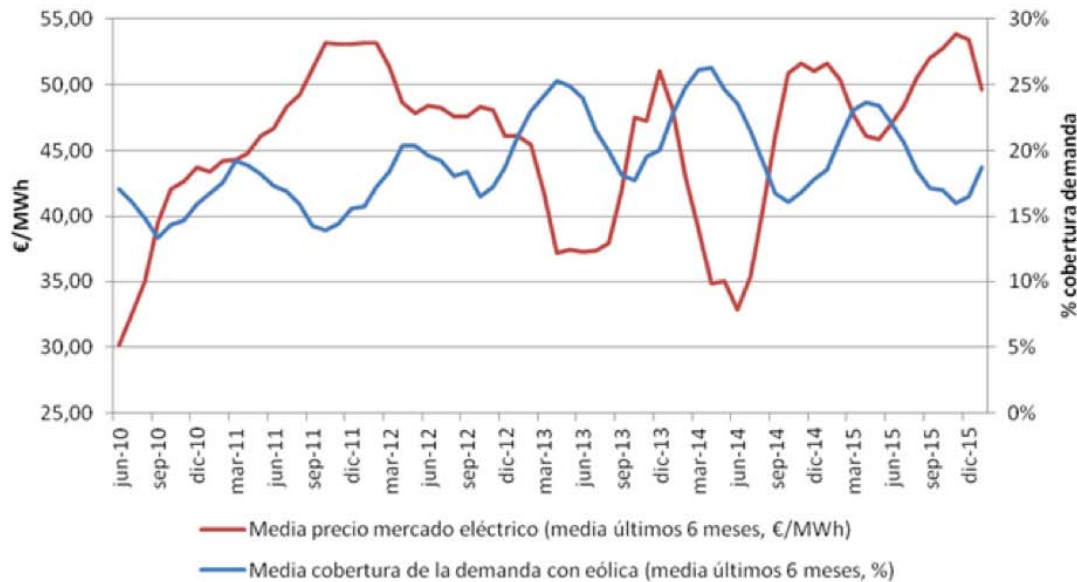


EL PRECIO DE LA ENERGÍA

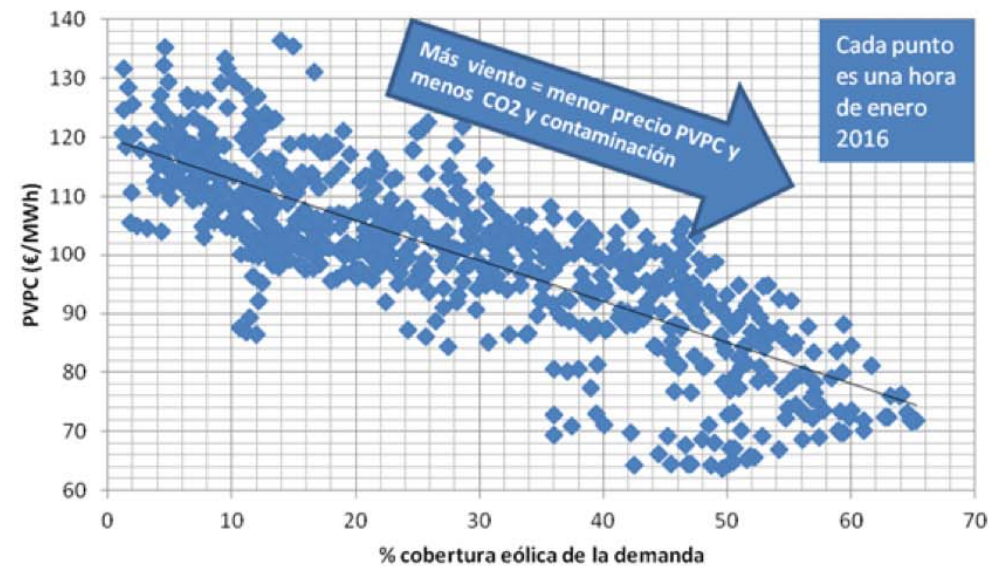
- ▶ El coste final de la factura doméstica de la luz depende de tres grandes componentes: los costes regulados (que en 2015 supusieron alrededor del 44%), el coste de la generación eléctrica (32%) y los impuestos (21%).
- ▶ Los costes regulados del sistema son el transporte, la distribución, el pago de la deuda y los intereses del déficit de tarifa, el incentivo que se paga a las grandes industrias por reducir su consumo eléctrico en caso de que fuese necesario (interrumpibilidad), los pagos por capacidad a tecnologías convencionales, los incentivos a las renovables y la cogeneración, y los sobrecostes por la generación eléctrica en las islas, donde resulta más caro producir que en la Península.
- ▶ El coste de la energía se fija en un mercado competitivo (pool) donde las diferentes fuentes de energía ofertan la electricidad para satisfacer la demanda prevista con un día de antelación. Como el coste del viento es cero, los productores de energía eólica pueden ofertar la electricidad a un precio más bajo que otros. Por eso, el precio del mercado eléctrico baja los días de más viento. Cuanto mayor es la proporción de energía eólica consumida, menos pagan los españoles en su recibo de la luz. Y viceversa .
- ▶ El efecto reductor de la eólica sobre los precios del mercado eléctrico por su bajo coste de generación frente a las tecnologías convencionales fue en 2015 de 12 euros. Esto significa que, si no hubiese existido la tecnología eólica, el precio medio anual del mercado eléctrico hubiera sido de 62,32 euros/MWh, un 23,8% más alto.

EL PRECIO DE LA ENERGÍA

Cobertura de la demanda con eólica y precios del mercado eléctrico (2010-2016)



Cobertura eólica de la demanda y precio PVPC horario de la electricidad (Enero 2016)



- ▶ En 2015, los incentivos a la eólica le costaron 1,43 euros al mes al consumidor medio español (considerando una factura media de 53 euros al mes), pero se compensaron con creces con la rebaja de su factura por el efecto reductor de la eólica en el mercado mayorista. Sumados ambos efectos, el resultado fue que la eólica no le costó dinero al consumidor final, sino que le ahorró 1,01 euros al mes. Es decir que, si no se hubiese invertido en instalaciones eólicas, la factura media de la luz hubiera sido 1,01 euros más cada mes porque habría que haber utilizado tecnologías más caras para generar la luz.

LAS RENOVABLES Y EL DÉFICIT TARIFARIO

- ▶ Las renovables no sólo no han sido las causantes del déficit tarifario sino que lo han reducido.
- ▶ Durante 2012, el Sector produjo unos ahorros al sistema eléctrico de 6.756 millones de euros (ahorro en importaciones, ahorro por reducción de emisiones de CO₂ y ahorros por reducción del precio del pool), superiores en 620 millones a las primas que recibieron por su generación de electricidad.
- ▶ Las energías renovables abarataron en 2012 el precio del mercado diario de OMIE en 4.056 millones de euros (18,12 €/MWh).
- ▶ En términos acumulados, en el periodo 2005-2012, el déficit tarifario generado fue de 36.786 millones de euros. El volumen total de primas recibidas por las energías renovables en el periodo 2005-2012 ascendió a 26.899 millones de euros, mientras que el ahorro producido en el pool por la existencia de estas energías en el mismo periodo ha sido de 32.538 millones de euros. A esto habría que añadir el impacto económico derivado de su incidencia en la reducción de nuestra balanza energética, que ascendió a 15.368 millones, y evitar emisiones de CO₂ por valor de 3.095 millones.

LAS RENOVABLES Y EL DÉFICIT TARIFARIO

- ▶ Cada megavatio eólico generado en 2012 ha ahorrado al sistema en Canarias 94 euros, lo que para el balance completo de 2012 da una rebaja de costes de 36 millones de euros, ya descontados los 14 millones de euros de primas.
- ▶ La patronal del sector recuerda que Canarias sólo cuenta en estos momentos con 160 MW eólicos y subraya que, si se instalaran los 600 MW previstos en la convocatoria de preasignación para las islas -paralizados por el real decreto que suspendió la concesión de nuevas primas a las energías renovables-, el ahorro anual en la factura eléctrica del archipiélago sería de 150 millones de euros.
- ▶ En 2015 la eólica cubrió el 18% de la demanda eléctrica peninsular.
- ▶ En conjunto, la energía eólica tiene un impacto muy pequeño en el déficit, de alrededor del 5% del total.

LAS RENOVABLES Y EL DÉFICIT TARIFARIO

- ▶ La producción con energías renovables evitó en 2012 la emisión de 36.745.548 toneladas de CO₂ a la atmósfera y produjo un ahorro de 270,8 millones de euros. Cabe destacar que, mientras las emisiones evitadas han aumentado un 10% respecto a 2011, el ahorro producido ha disminuido un 37% debido a que el precio de la tonelada de CO₂ ha pasado de costar 12,83 €/t a 7,37 €/t. Contaminar en 2012 fue un 43% más barato que en 2011. Asimismo, las renovables evitaron ese año la emisión de 31.324 toneladas de NO_x y 46.692 toneladas de SO₂, gases altamente contaminantes.

LOS COSTES EXTERNOS

- ▶ Emisiones (cambio climático y contaminación)
- ▶ Ciclo de extracción - transporte - refinamiento
- ▶ Costes médicos (enfermedades respiratorias)
- ▶ Desastres naturales
- ▶ Residuos

La National Academy of Sciences estimó el coste de la contaminación de centrales de carbón en \$187 billion para el 2005 (9,3 c\$/ kWh) per kilowatt-hour (kWh). Otro estudio de 2013 que incluía los costes sanitarios, de mortalidad prematura, y coste de bajas laborales asociados a la contaminación por el uso de combustibles fósiles, estimó una externalidad de 32 c\$ por kWh para el carbón, 13 para el petróleo, y 2 para el gas natural. Se estima que en 2010 se produjeron en EEUU 13.200 muertes, 9.700 hospitalizaciones y 20.000 infartos directamente relacionados con las centrales de carbón.

LA ENERGÍA EN CANARIAS



ABASTECIMIENTO 100% RENOVABLE EN LA ISLA DE TENERIFE

IMPORTACIONES EN CANARIAS



■ Petróleo ■ Otros

0

750.000

1.500.000

2.250.000

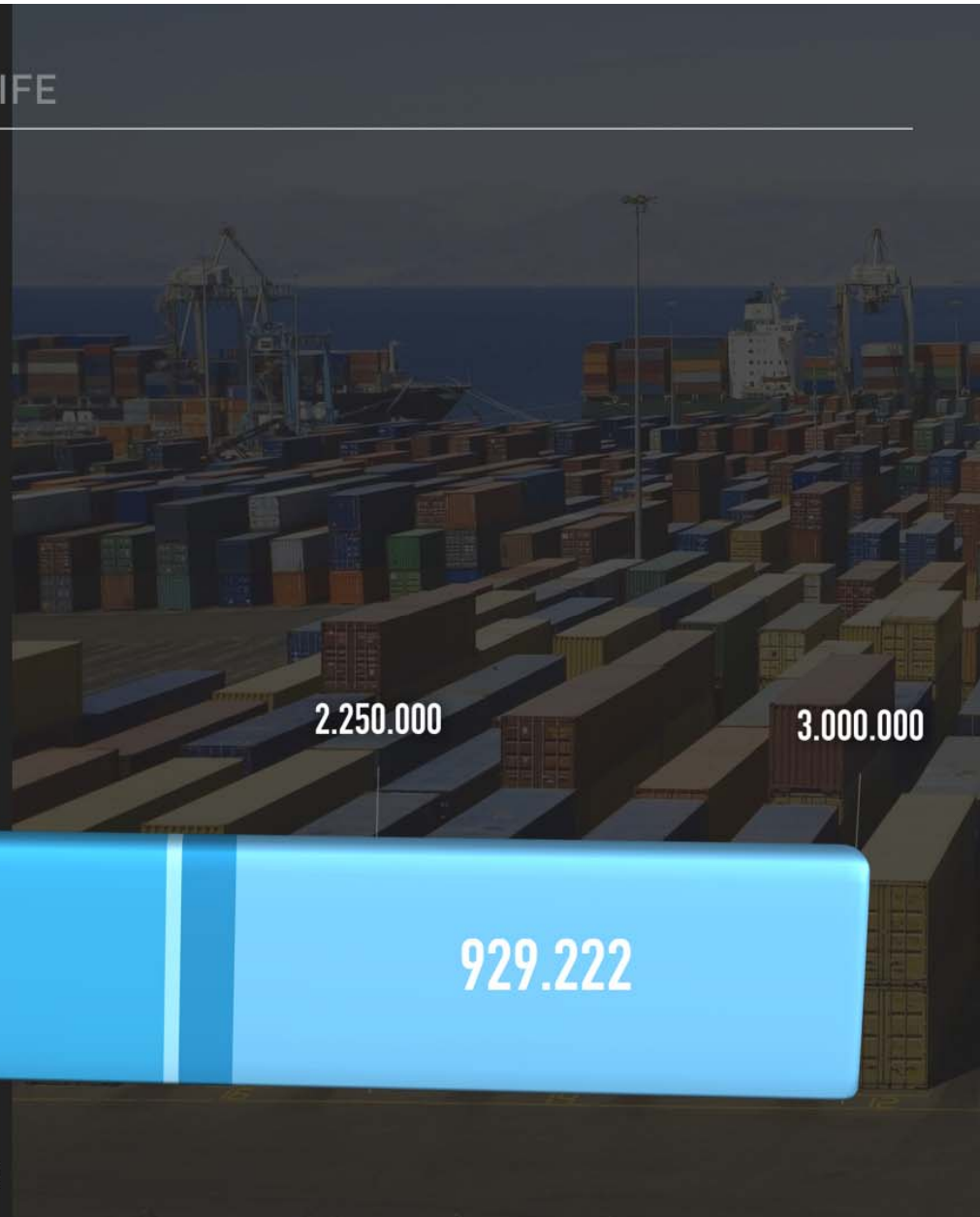
3.000.000

Tm

1.923.055

929.222

■ electricidad ■ gas refinería ■ GLP ■ Automoción



BALANCE ENERGÉTICO DE CANARIAS (2013)

E. MINHIDRÁULICA	262
E. EÓLICA	31.127
E. SOLAR FOTOVOLTAICA	24.543
E. RESIDUOS (BIOGÁS)	721
SOLAR TÉRMICA	7.311
TOTAL	63.964

PETRÓLEO Y
MAT. PRIMAS
3.386.327

PRODUCTOS
PETROLÍFEROS +
BUNKER
4.172.470

BUNKER
2.354.418

ENERGÍA PRIMARIA
5.268.344

AUTOCONSUMOS
82.719

REFINERÍA

REFINO Y
TRANSFERENCIAS
39.426

AUTOCONSUMOS
39.316

**CENTRALES TÉRMICAS Y
COGENERACIÓN**

PÉRDIDAS
POR
CONVERSIÓN
1.067.146

RENOVABLES
Aprovechamientos eólicos
Centrales fotovoltaicas
Centrales minihidráulicas
Aprovechamientos residuos
(biogás)

PÉRDIDAS EN TRANSPORTE
Y DISTRIBUCIÓN
52.800

PETRÓLEO
PRODUCTOS PETROLÍFEROS
ELECTRICIDAD
RENOVABLES
CALOR
PÉRDIDAS

Unidades: Tep

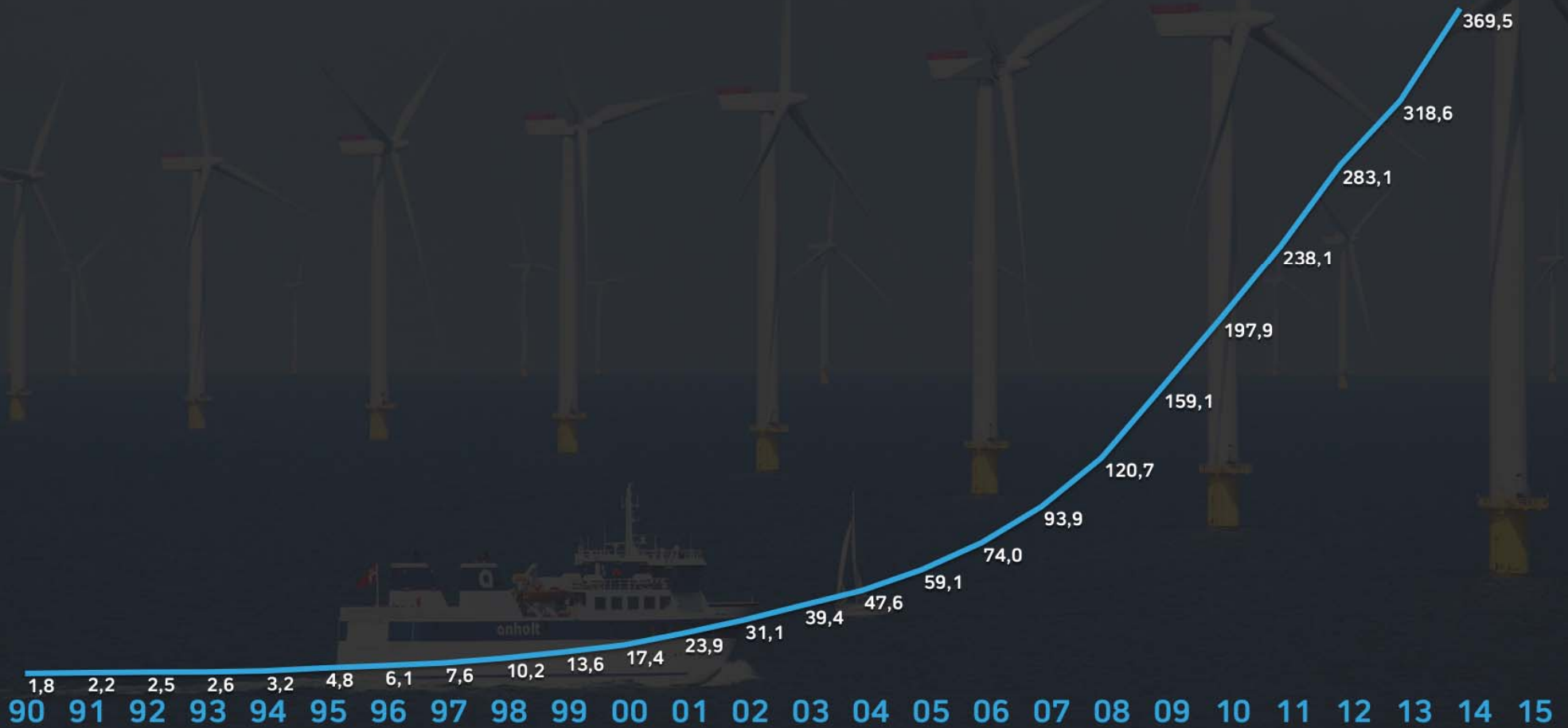
(*) No incluye productos no energéticos

ENERGÍA FINAL
3.266.906

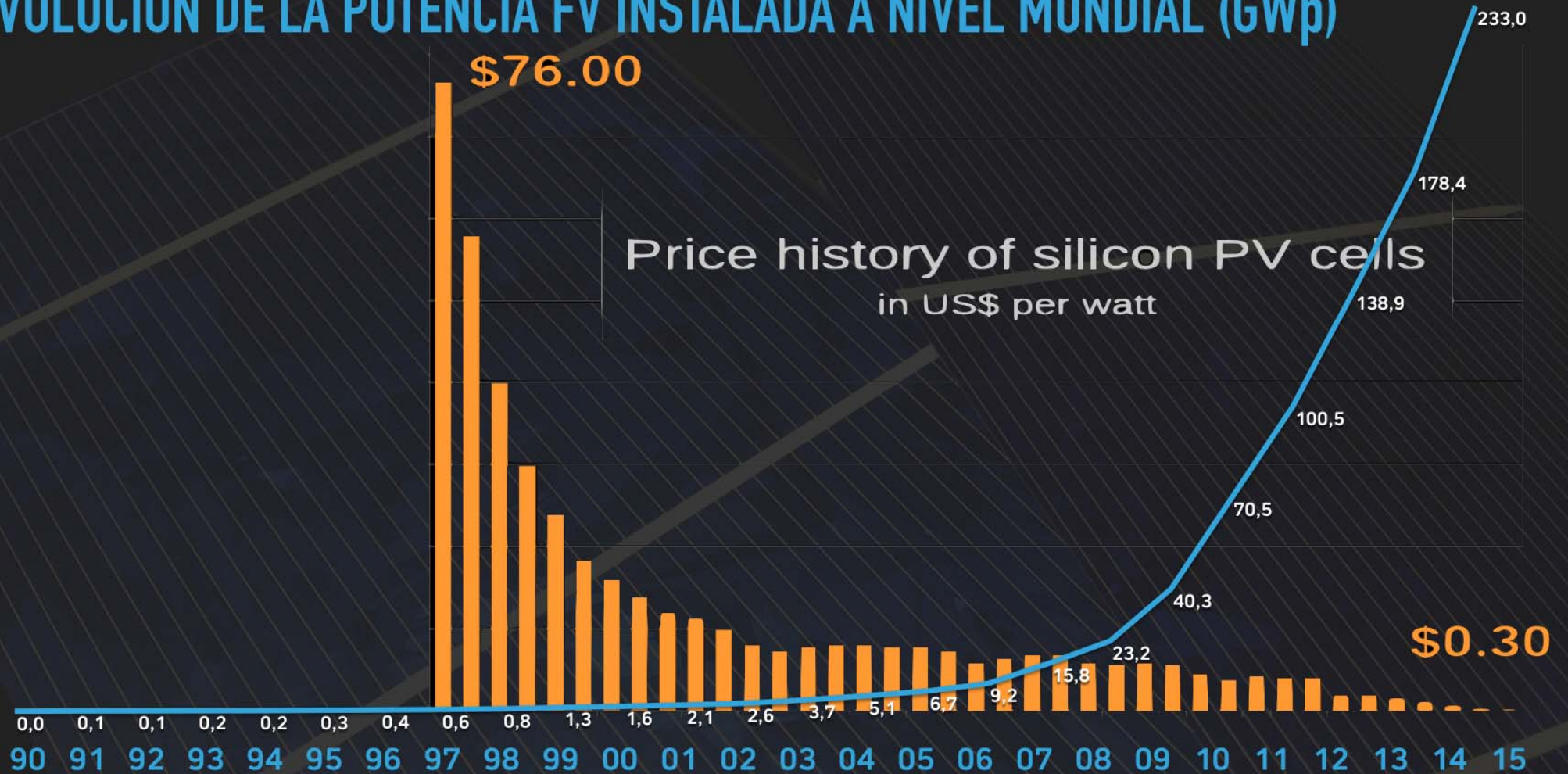
INTERIOR*	PESCA	N. MARÍTIMA	AVIACIÓN
1.970.856	16.980	266.438	983.364



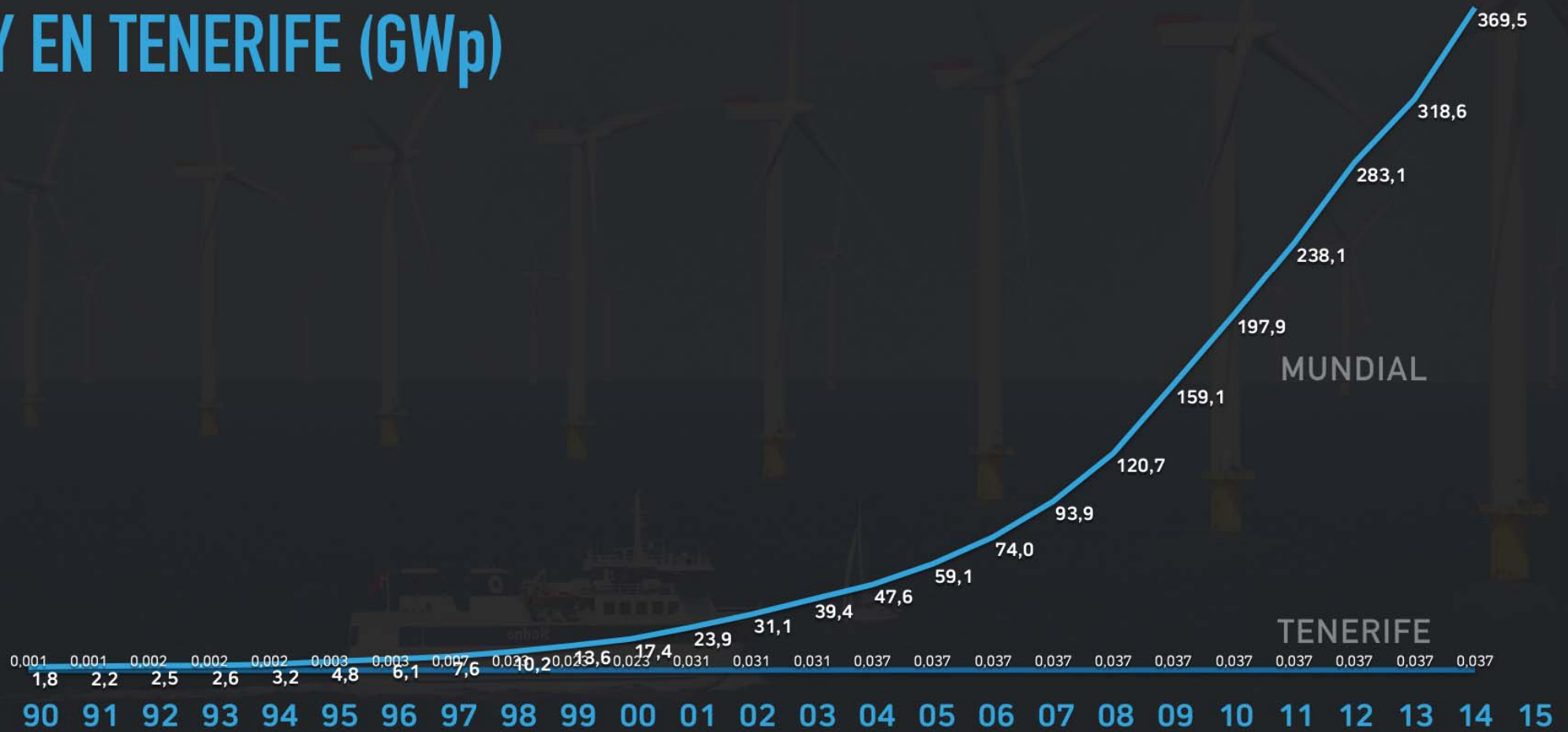
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA EÓLICA INSTALADA A NIVEL MUNDIAL (GWp)



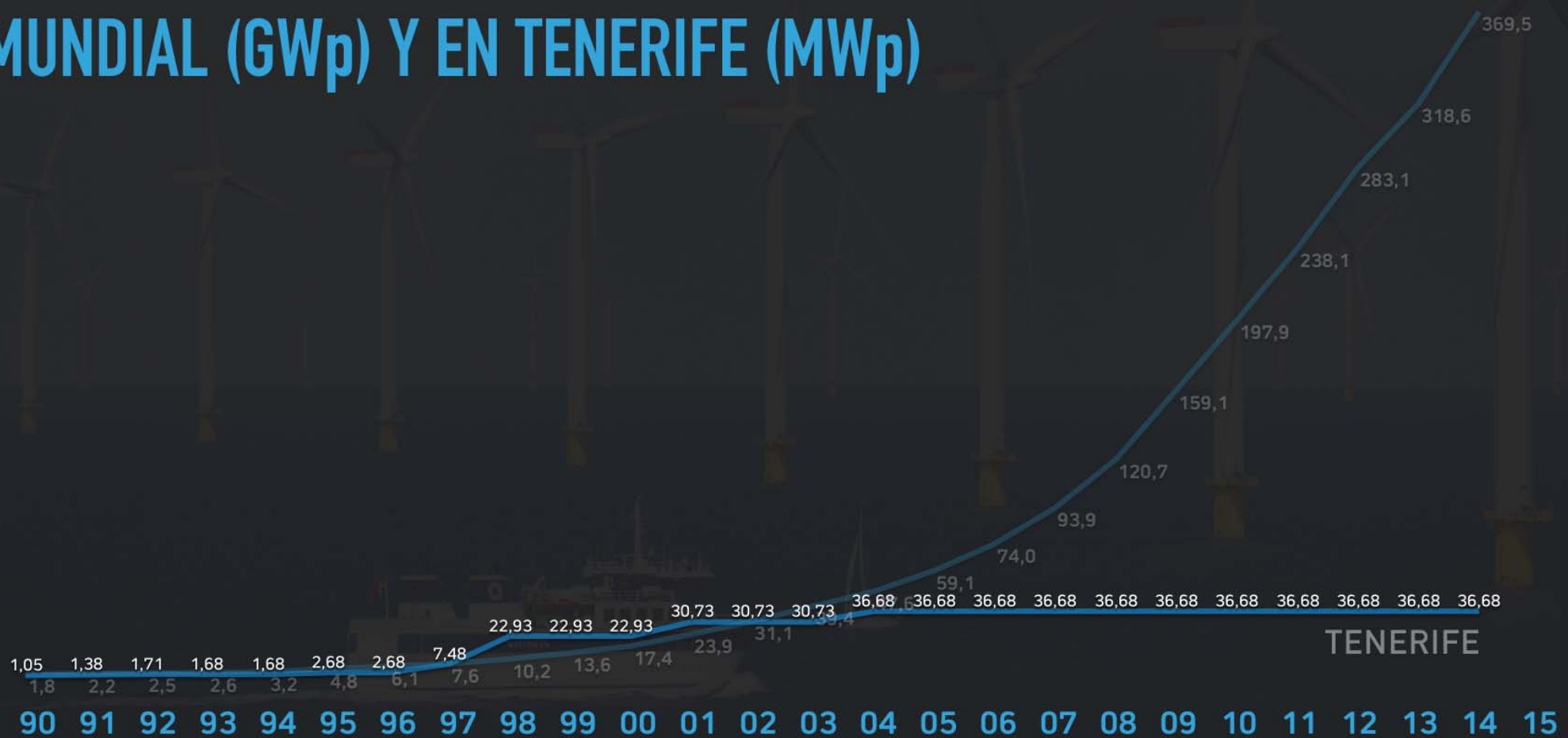
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA FV INSTALADA A NIVEL MUNDIAL (GWp)



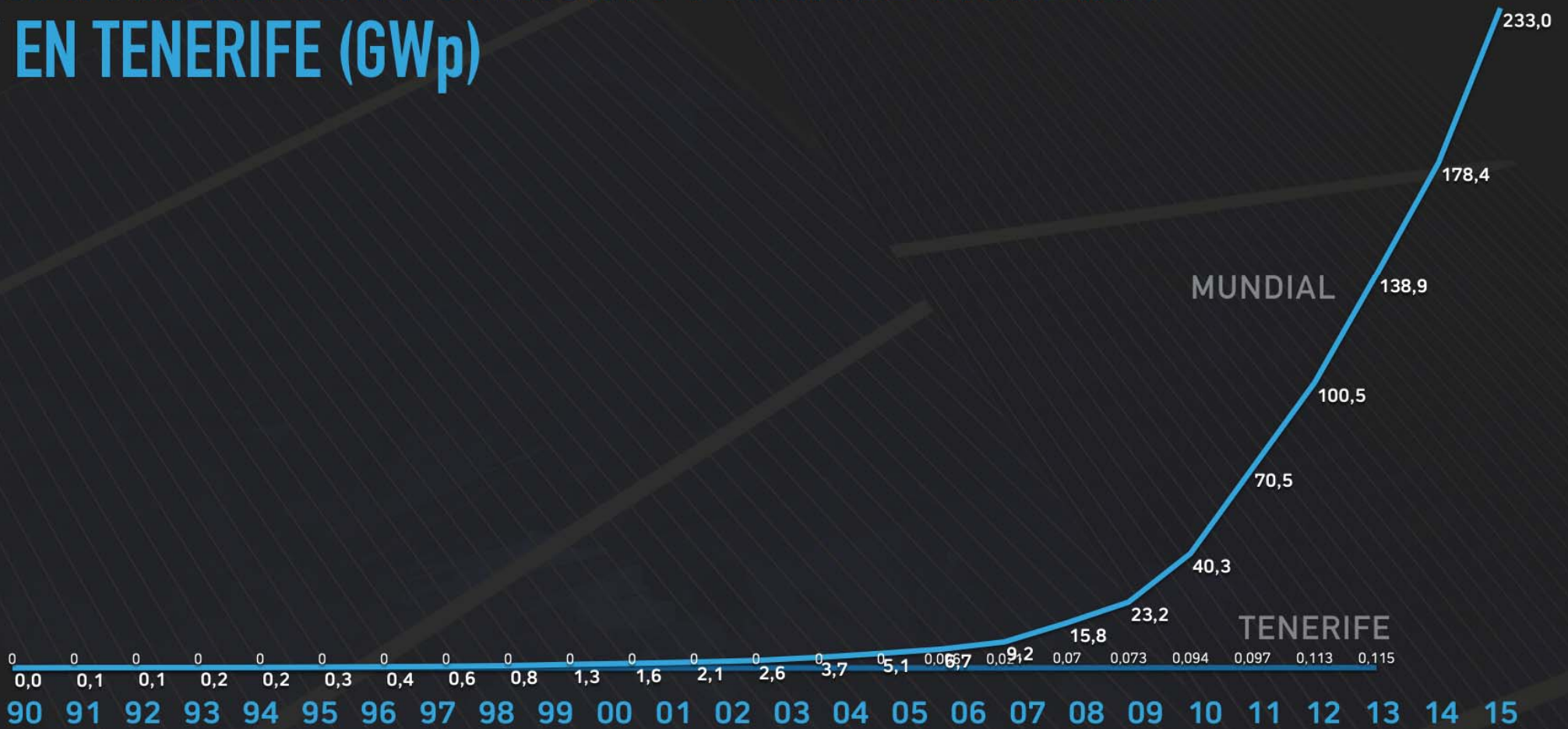
COMPARATIVA DE POTENCIA EÓLICA A NIVEL MUNDIAL Y EN TENERIFE (GWp)



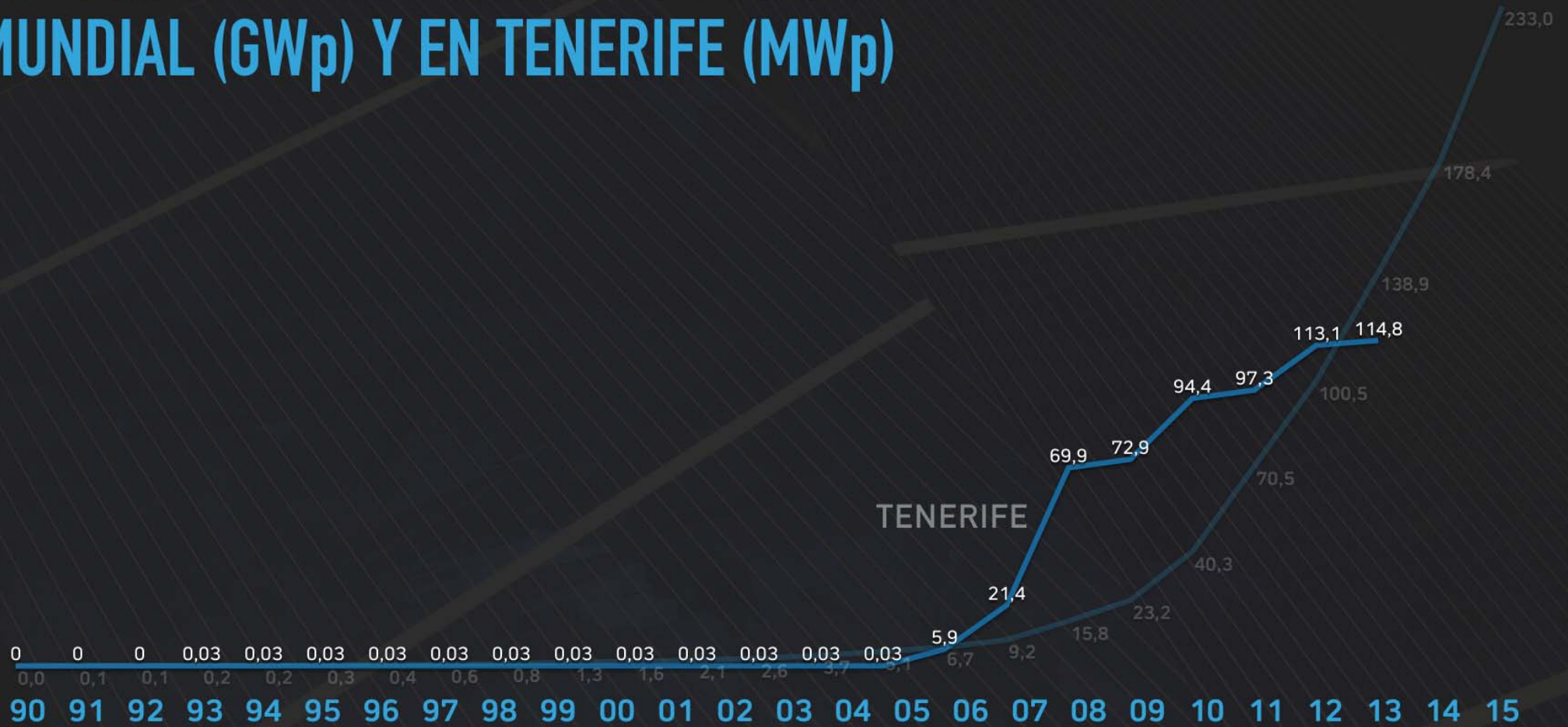
COMPARATIVA DE POTENCIA EÓLICA A NIVEL MUNDIAL (GWp) Y EN TENERIFE (MWp)



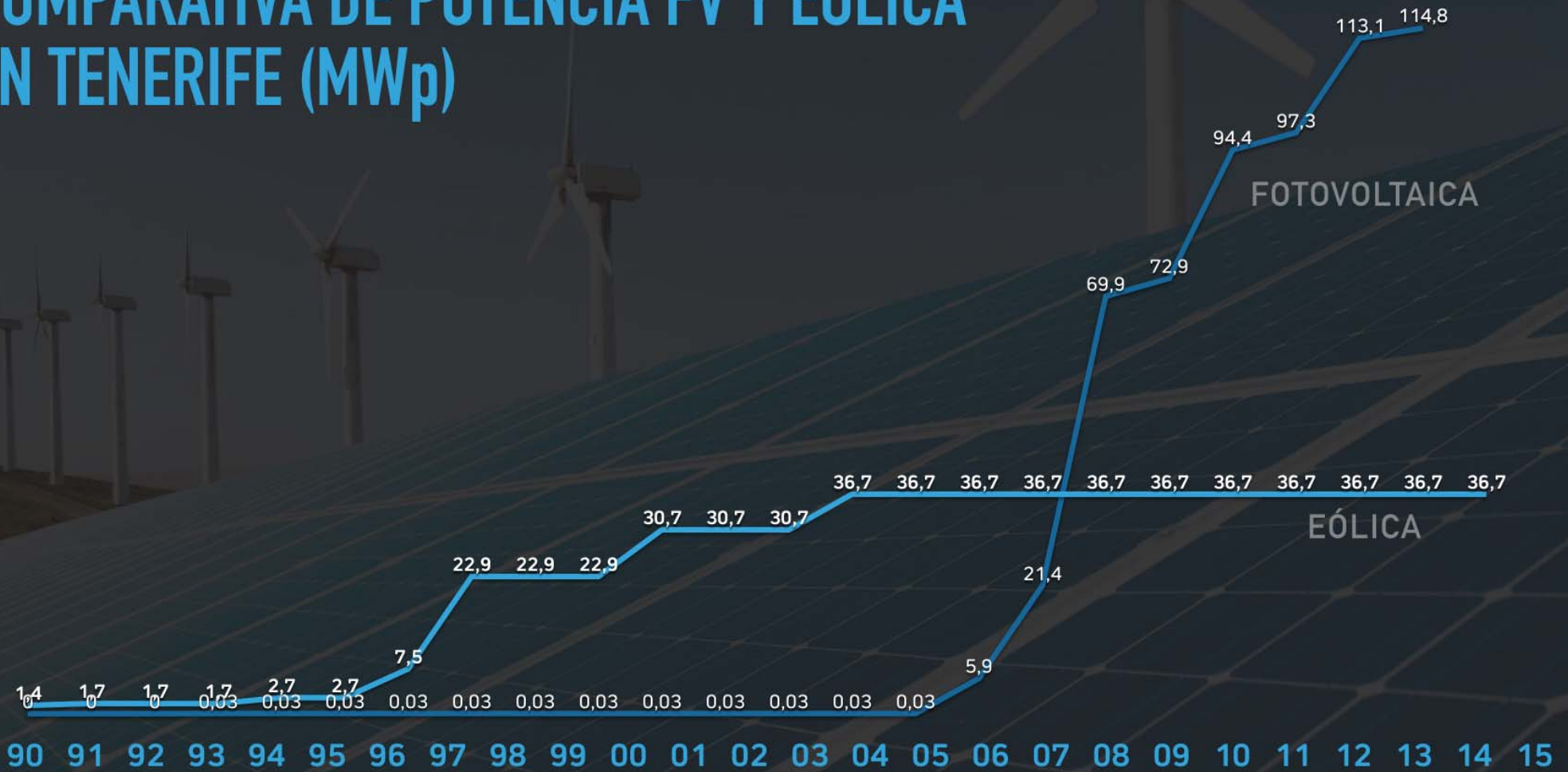
COMPARATIVA DE POTENCIA FV A NIVEL MUNDIAL Y EN TENERIFE (GWp)



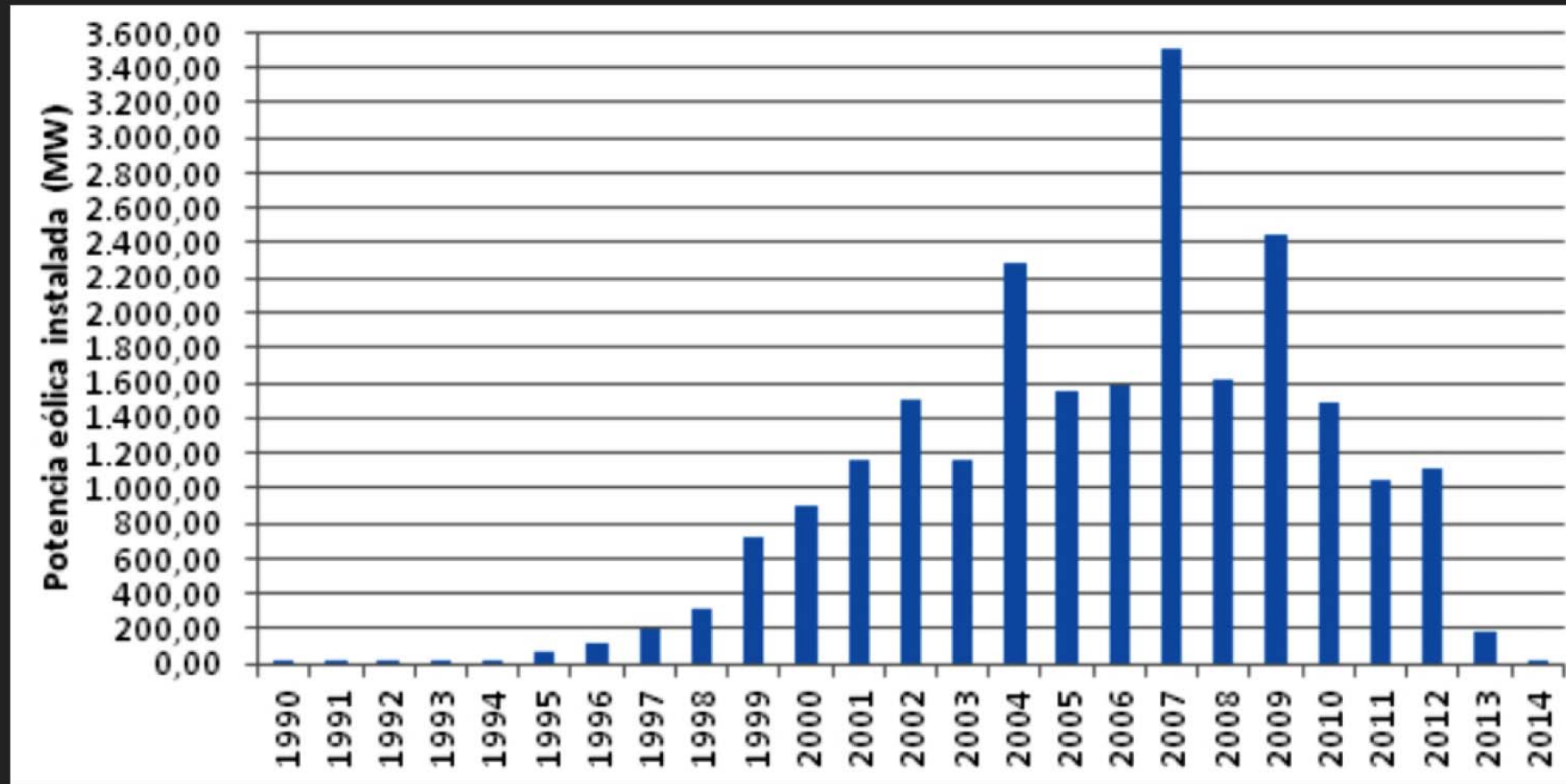
COMPARATIVA DE POTENCIA FV A NIVEL MUNDIAL (GWp) Y EN TENERIFE (MWp)



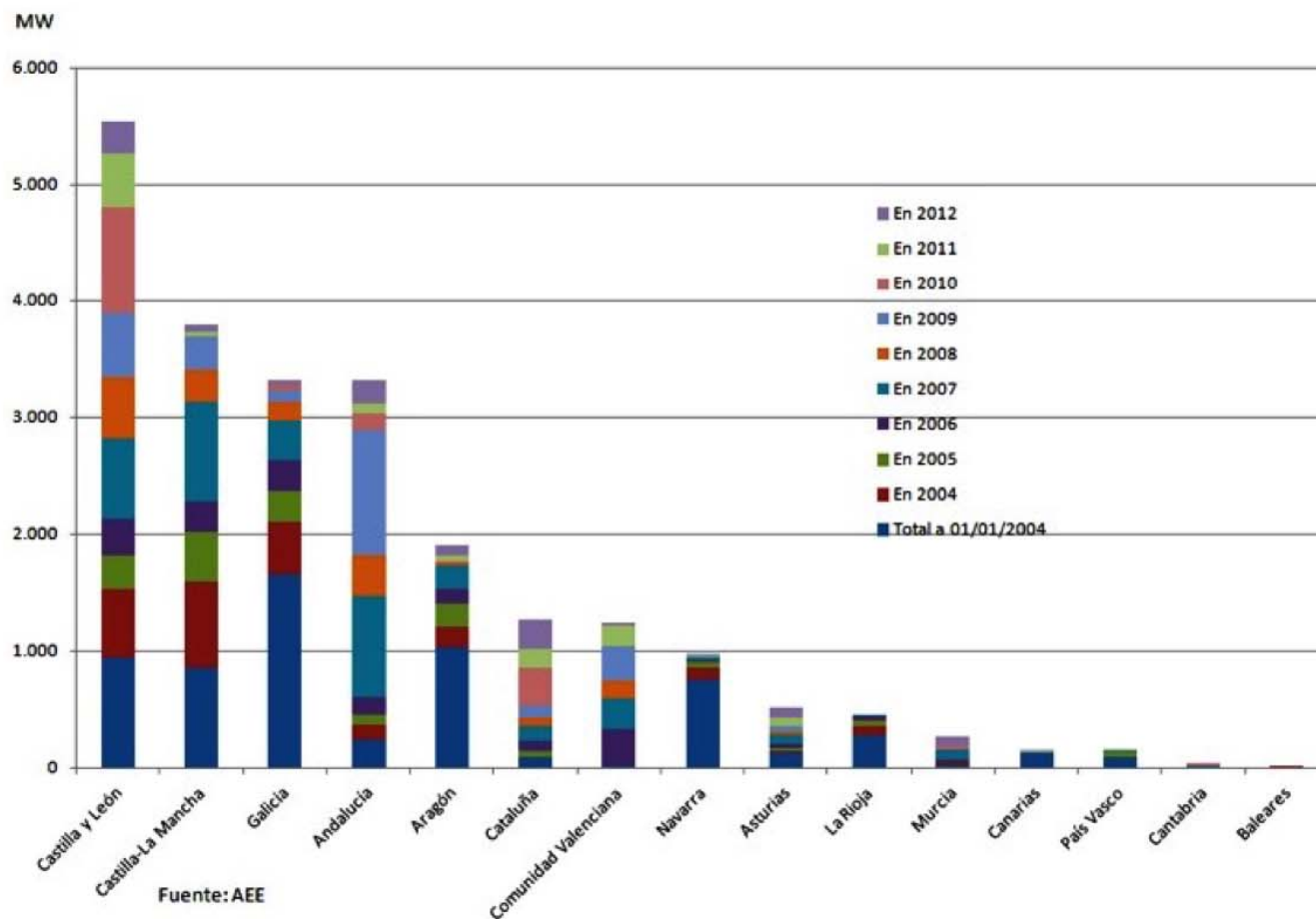
COMPARATIVA DE POTENCIA FV Y EÓLICA EN TENERIFE (MWp)



EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA EÓLICA EN ESPAÑA



POTENCIA EÓLICA POR COMUNIDAD AUTÓNOMA



DEMANDA ELÉCTRICA EN CANARIAS

OPERACIÓN DEL SISTEMA Y COBERTURA

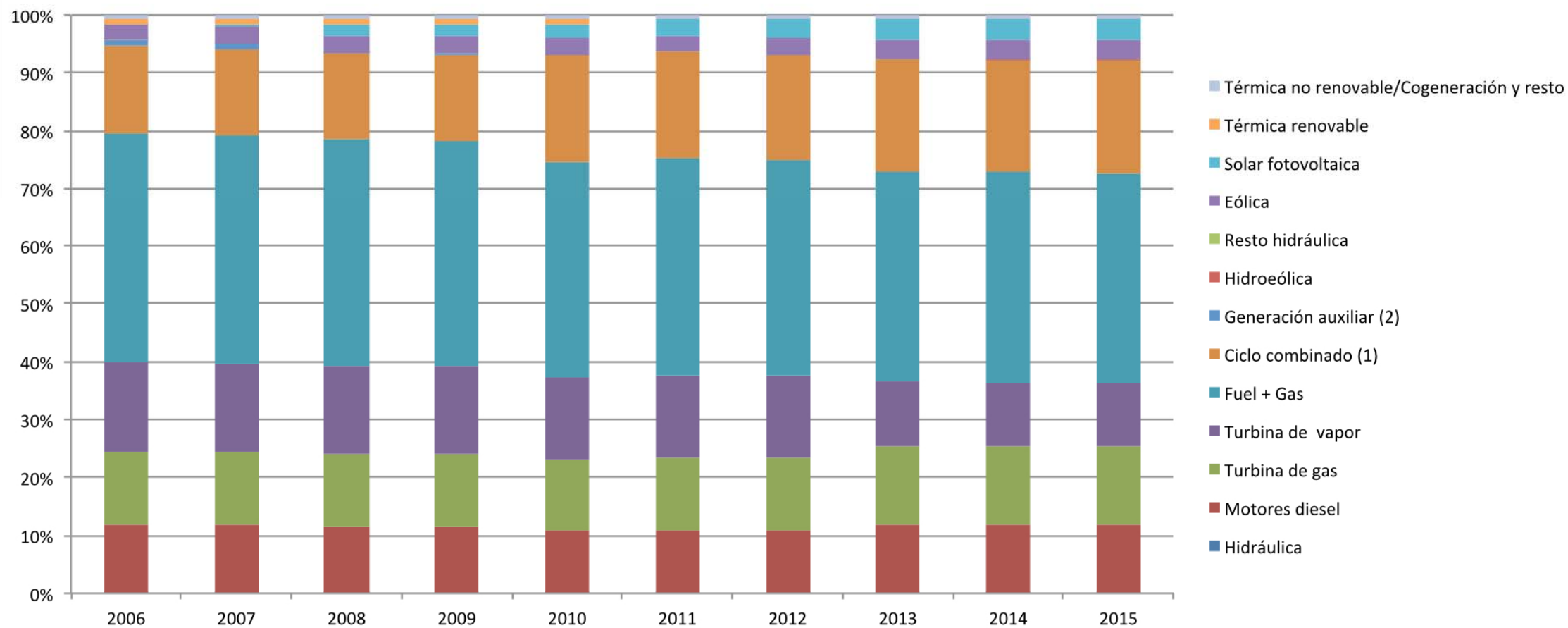
DEMANDA – PUNTAS DE DEMANDA (MW)

	Punta 2015		Punta 2014		Punta Histórica	
	(MW)	Fecha	(MW)	Fecha	(MW)	Fecha
Gran Canaria	562	5-10-15	549	23-10-14	604	31-07-07
Tenerife	551	3-02-15	547	18-02-14	601	08-11-07
Fuerteventura	114	13-08-15	111	16-09-14	126	30-07-07
Lanzarote	141	10-08-15	139	31-12-14	146	31-07-07
La Palma	44	24-12-15	42	24-12-14	49,9	12-08-10
La Gomera	12	13-08-15	11,3	31-12-14	13,0	31-12-08
El Hierro	7,7	17-06-15	7,7	13-08-14	8,6	05-07-13

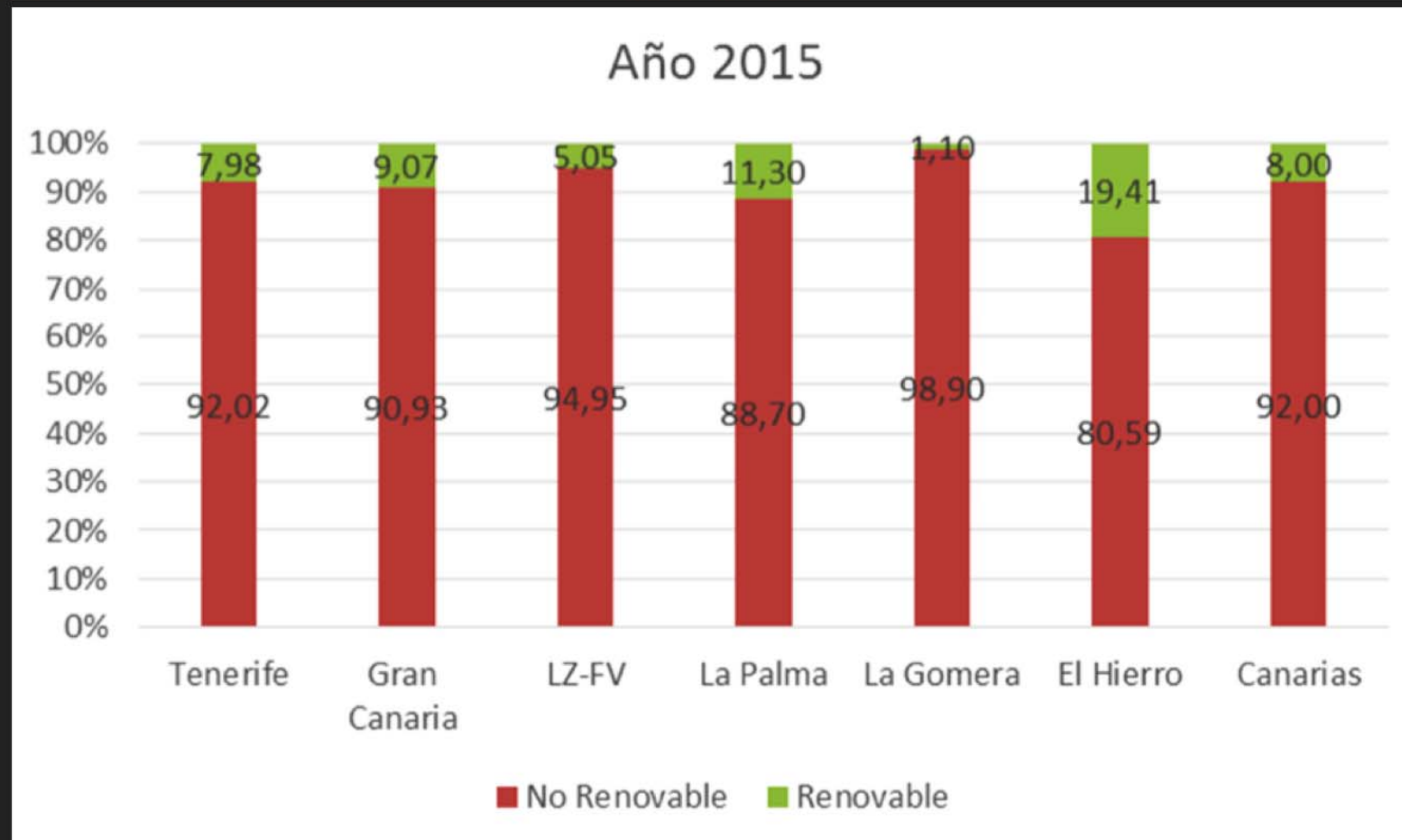
GENERACIÓN – POTENCIA NETA INSTALADA (MW)

	Generación Convencional	Eólica	Fotovoltaica	Resto Renovables	Total
Gran Canaria	906	86	37	0	1.029
Tenerife	995	37	107	3	1.142
Fuerteventura	159	13	12	0	184
Lanzarote	204	9	7	2	222
La Palma	96	7	4	0	107
La Gomera	18	0,4	0,01	0	18,4
El Hierro	11	11,8	0,03	0	22,83
CANARIAS	2.389	164	167	5	2.725

MIX ENERGÉTICO EN CANARIAS

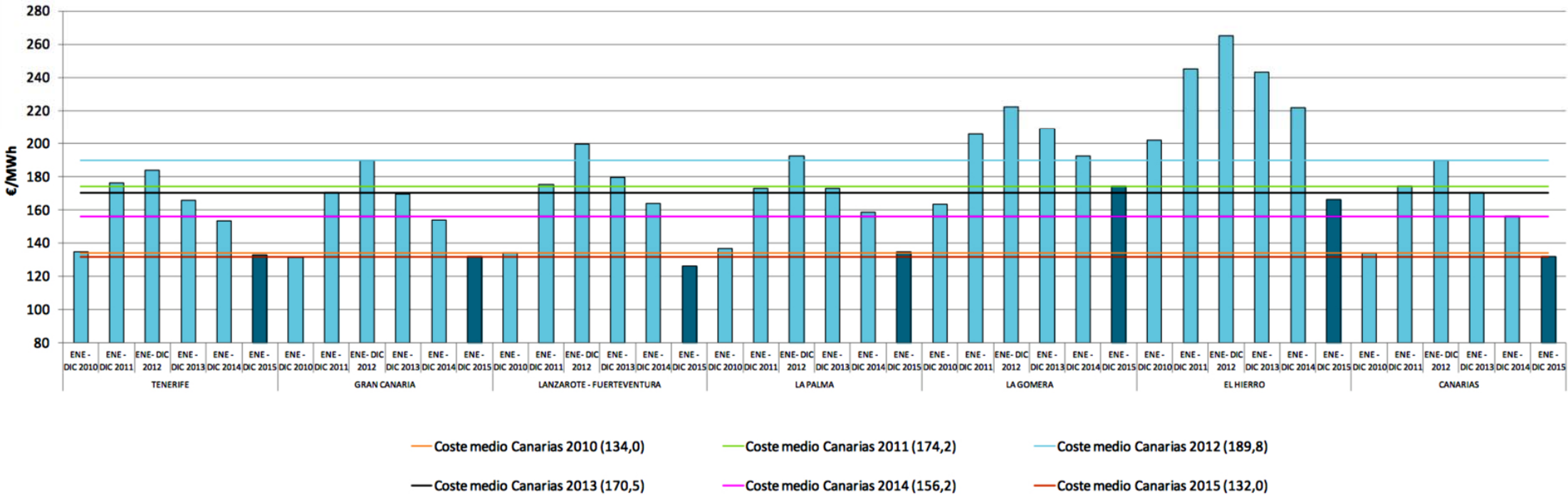


COBERTURA ELÉCTRICA EN CANARIAS

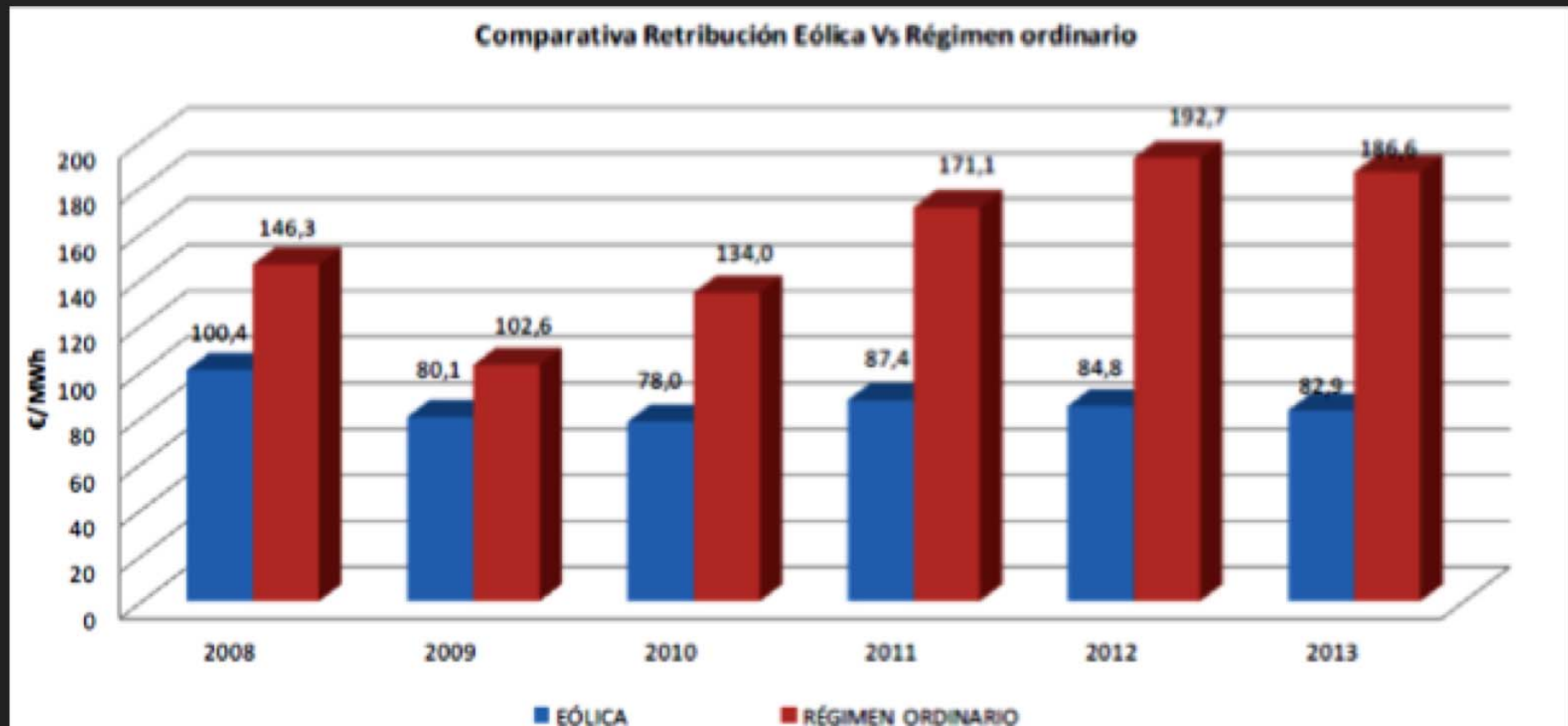


COSTE VARIABLE MEDIO EN CANARIAS

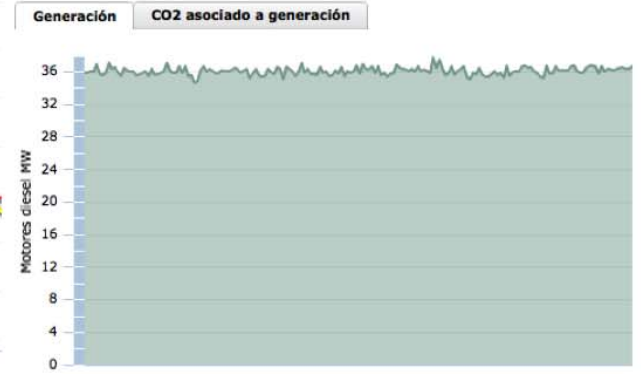
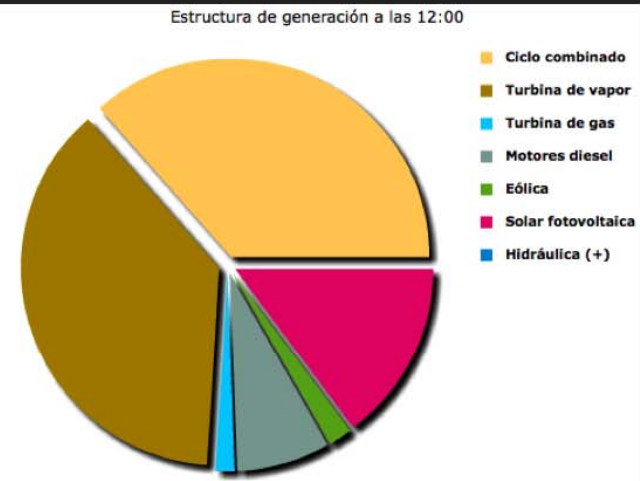
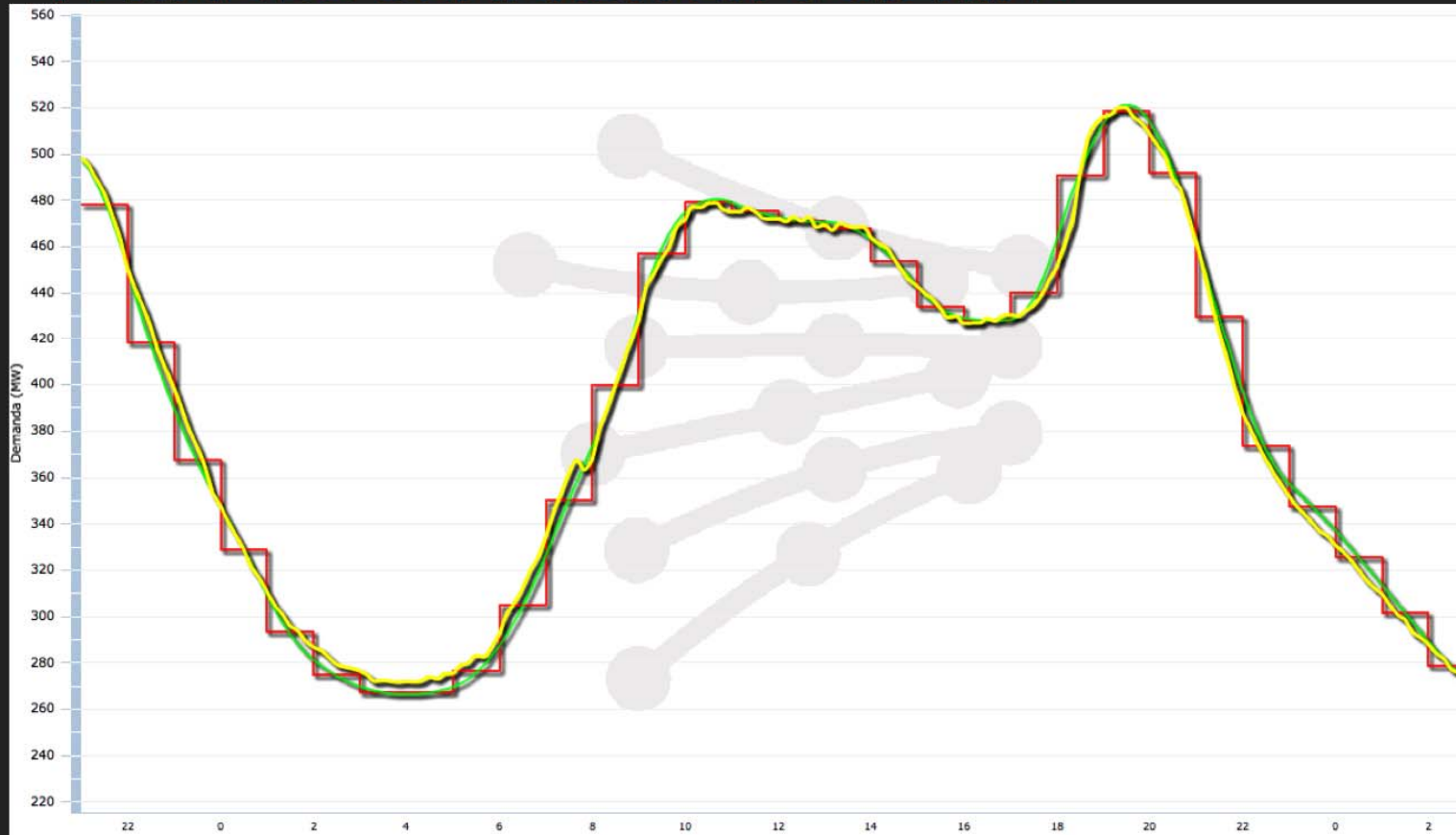
Coste Variable Medio (enero 2010 - diciembre 2015) - €/MWh



RETRIBUCIÓN EN CANARIAS

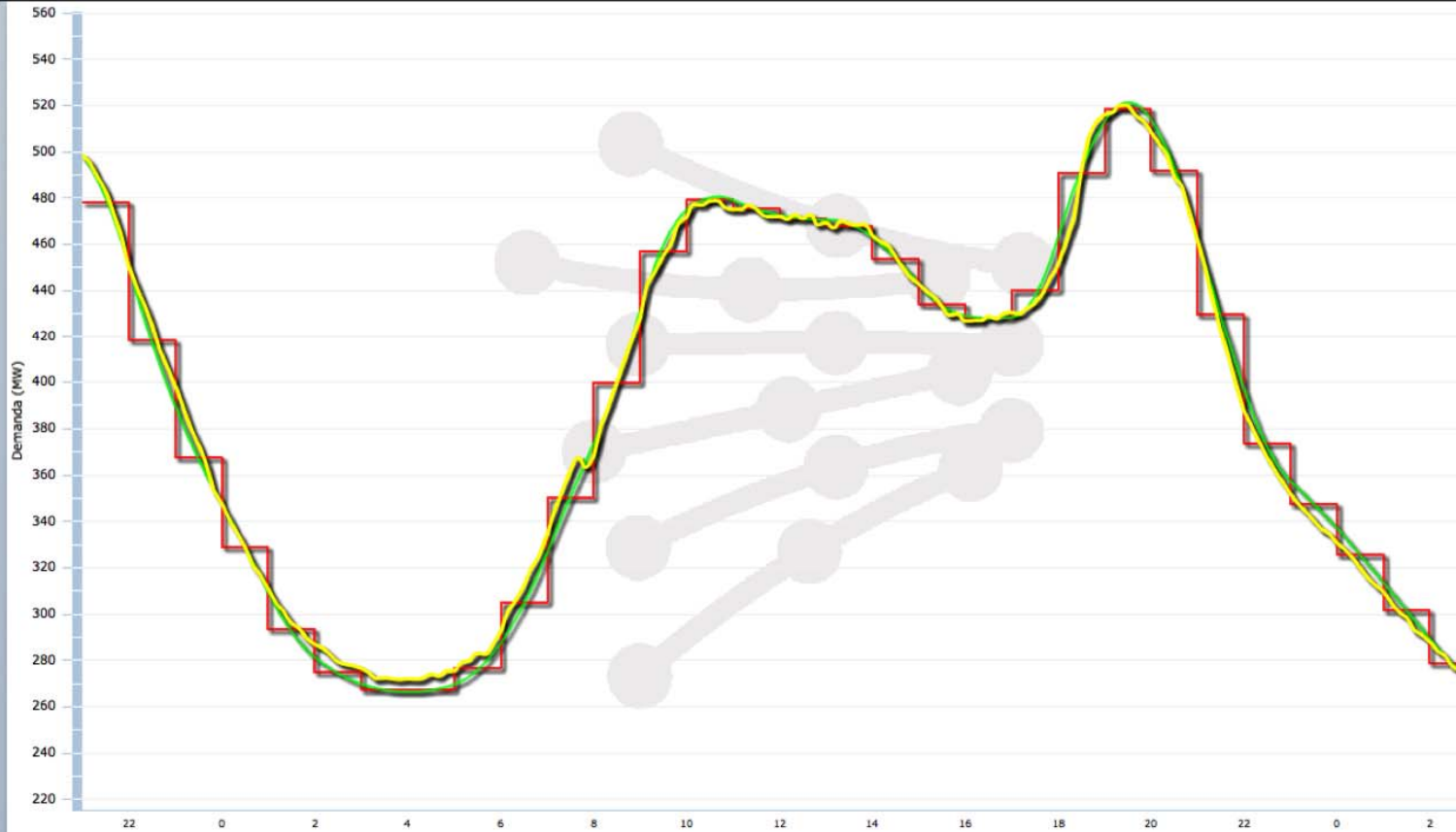


PERFIL DE DEMANDA EN TENERIFE

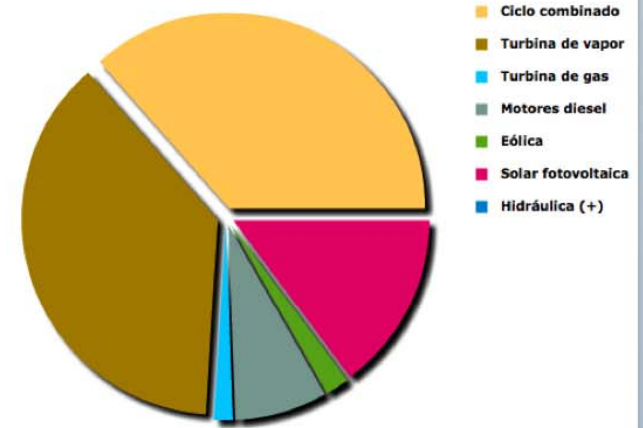


Demanda (MW) a las 03:00 de 25/12/2015 **Real = 271** **Prevista = 270** **Emisiones CO2 (t/h) = 206**

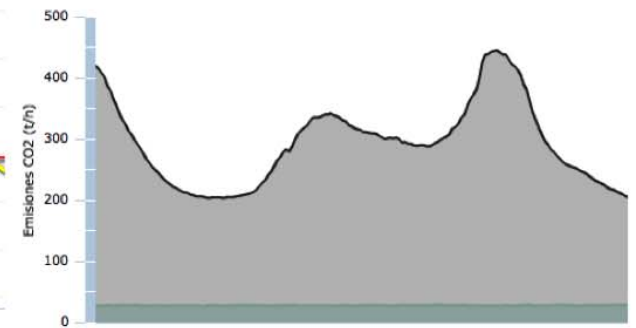
PERFIL DE DEMANDA EN TENERIFE



Estructura de generación a las 12:00



Generación CO2 asociado a generación



Demanda (MW) a las 03:00 de 25/12/2015 Real = 271 Prevista = 270 Emisiones CO2 (t/h) = 206



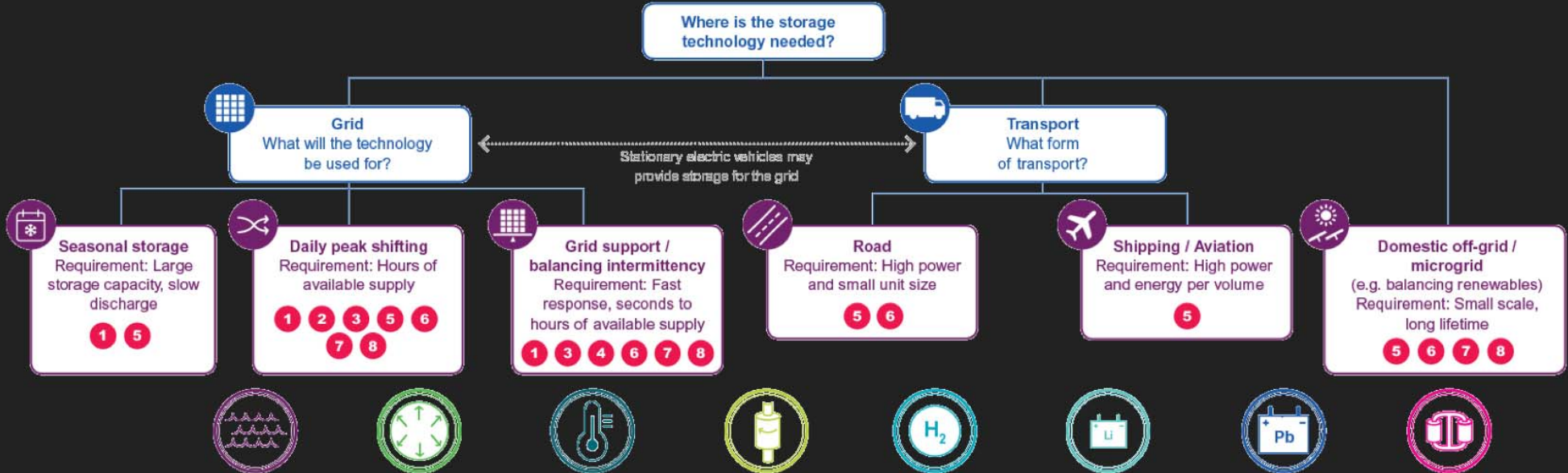
TENERIFE 100%

MEDIDAS PRINCIPALES PARA EL INCREMENTO DE ER

- ▶ Medidas legislativas y tarifarias justas para todas las tecnologías de generación, que eliminen privilegios y contemplen el ciclo completo a nivel energético, económico, social y medioambiental.
- ▶ Introducción de Almacenamiento para valores altos de penetración
- ▶ Generación Distribuida en Autoconsumo



TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO



	1 Pumped hydropower	2 Compressed air energy storage	3 Thermal cycle	4 Flywheels / supercapacitors / SMES ¹	5 Hydrogen electrolyser / fuel cell	6 Lithium-ion batteries	7 Lead-acid batteries	8 Redox flow batteries
Capital cost	\$ - \$\$	\$ - \$\$	\$ - \$\$	\$\$ - \$\$\$	\$\$\$	\$\$	\$ - \$\$	\$\$
Cost per cycle	☞ - ☞	☞ - ☞	☞ - ☞	☞ - ☞	☞ - ☞	☞ - ☞	☞ - ☞	☞
Response time	Seconds - Minutes	Minutes	Seconds	Milliseconds - Minutes	Minutes	Milliseconds	Milliseconds	Milliseconds
Total deployment	3	2	1	1 / 2 / 1	3	2	3	1
Efficiency (%)	70 - 85	50 - 75	55 - 80	85 - 98	<40 (mature) Up to 66 (developing)	80 - 90	65 - 85	65 - 85
Daily self-discharge	>0.5%	>10%	0.5 - 1%	(100% / 5 - 20% / 10 - 15%)	~0%	~0%	~0.2%	~0%
In a nutshell	Affordable, but large and site-specific	Affordable, but large and site-specific	Potentially affordable, non site-specific	Fast response, but rapid discharge	Potential for long-term storage, currently expensive	High energy density, rapidly developing	Mature, but bulky and toxic materials	High number of cycles in lifetime, but bulky

EL CONCURSO EÓLICO CANARIO

- ▶ Imposibilidad de conectar potencia en Tenerife en 66 kV.
- ▶ Trazados eléctricos de varios kilómetros.
- ▶ Cercanía a líneas eléctricas (10 mtrs + servidumbre de línea).
- ▶ Recolocación de máquinas.
- ▶ Servidumbres aeronáuticas (GC).
- ▶ Territorio

ABASTECIMIENTO 100% RENOVABLE EN LA ISLA DE TENERIFE

RED DE TRANSPORTE EN TENERIFE

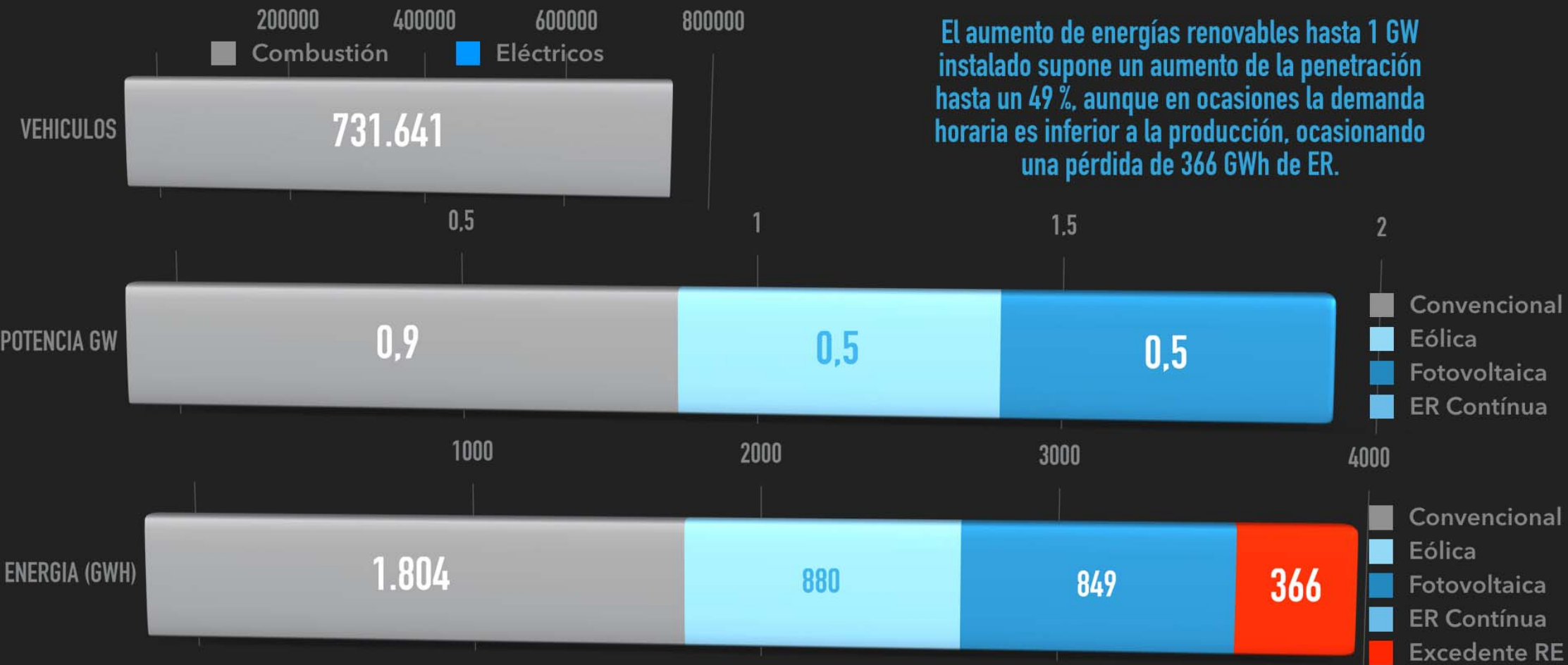


ABASTECIMIENTO 100% RENOVABLE EN LA ISLA DE TENERIFE

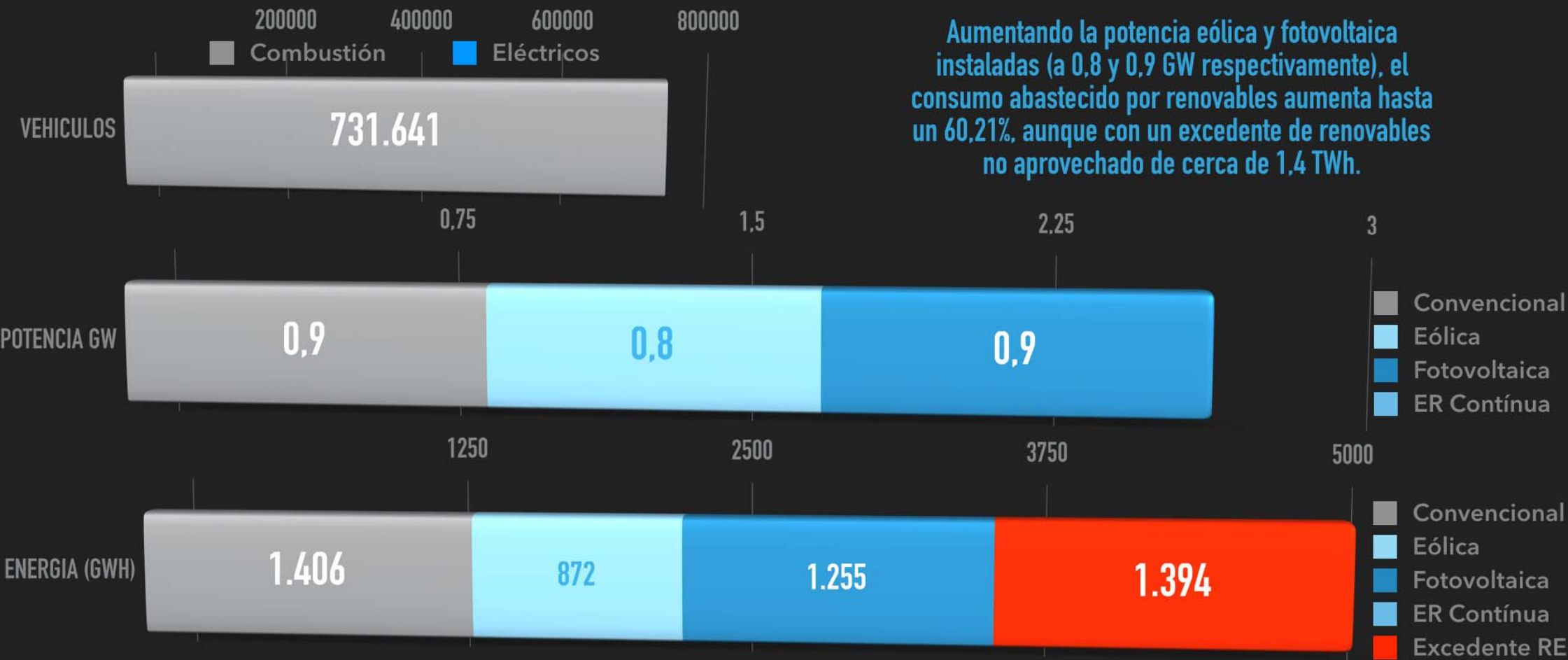
ESCENARIO ACTUAL DE LA ISLA DE TENERIFE



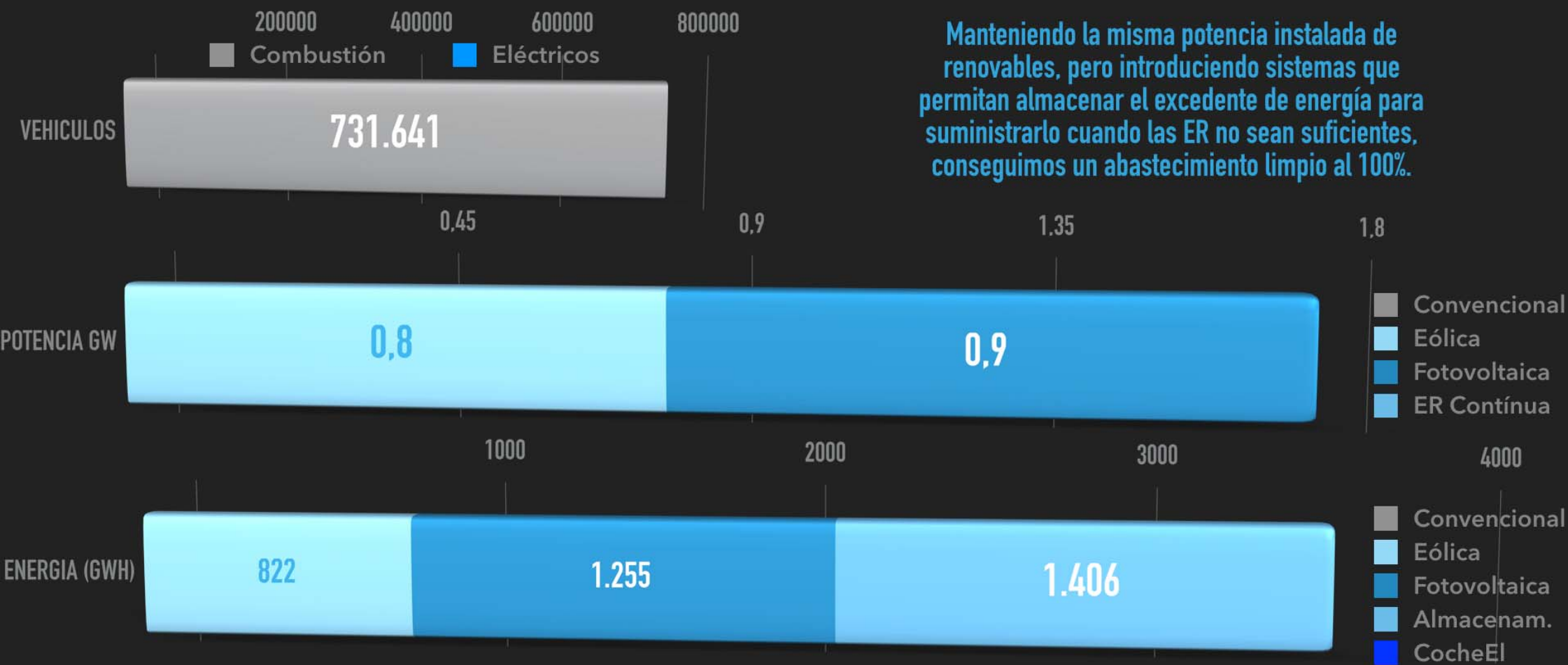
ESCENARIO INCREMENTANDO RENOVABLES (0,5 GW EOL – 0,5 GW FV)



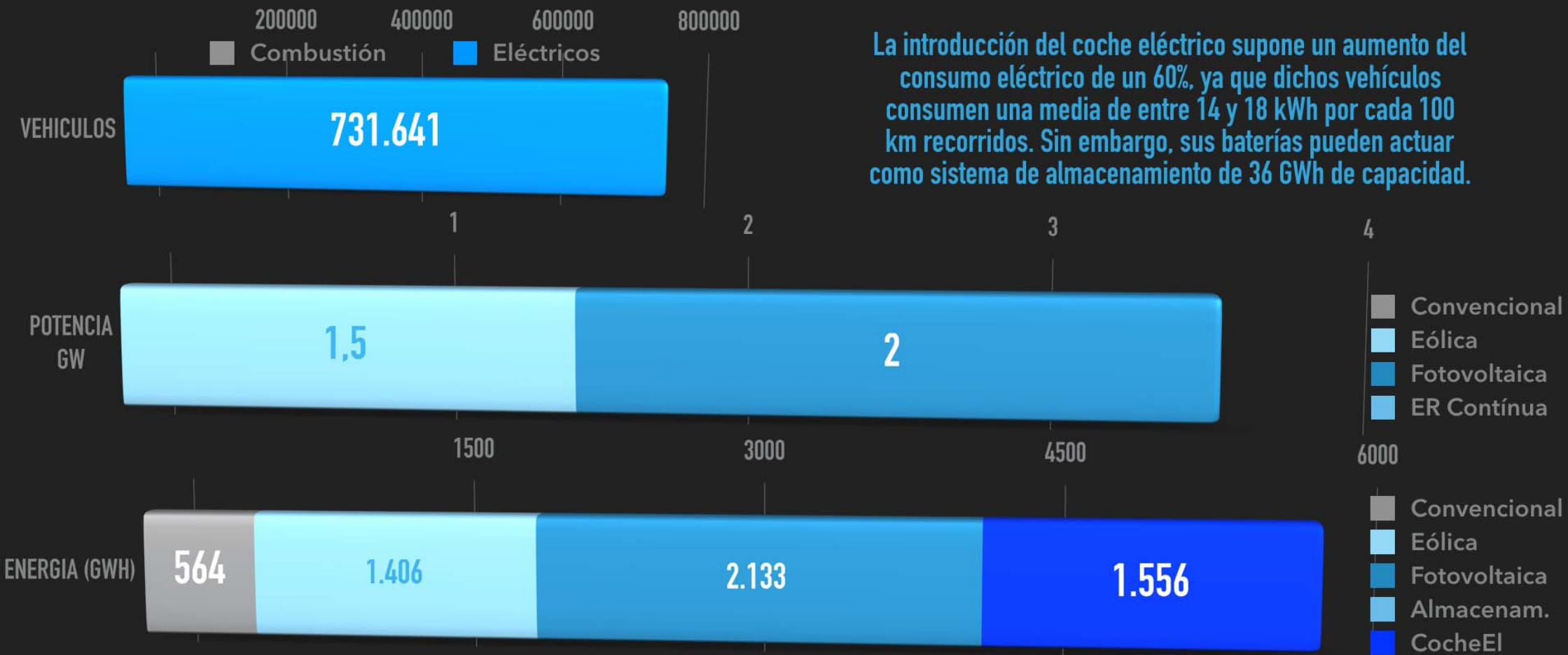
ESCENARIO INCREMENTANDO RENOVABLES (0,8 GW EOL – 0,9 GW FV)



ESCENARIO CON RENOVABLES + ALMACENAMIENTO

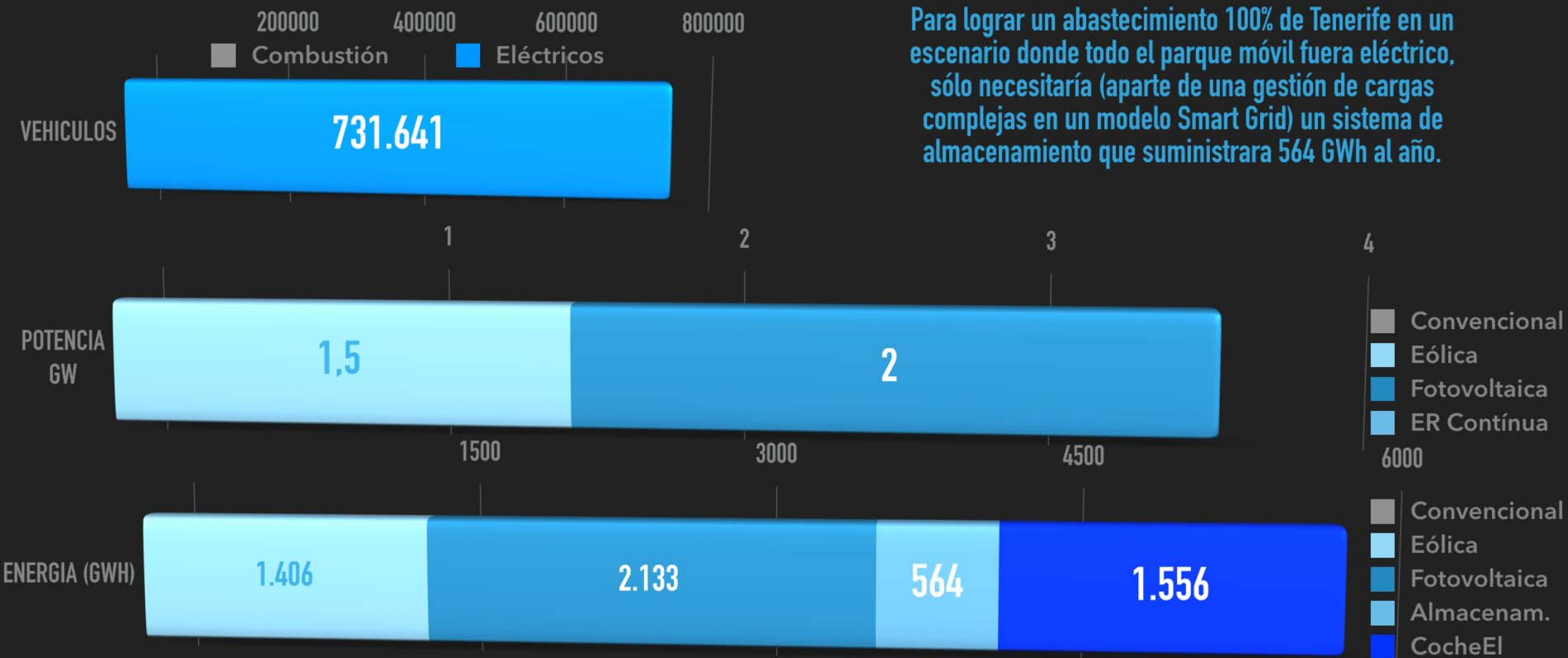


ESCENARIO CON RENOVABLES Y COCHE ELÉCTRICO



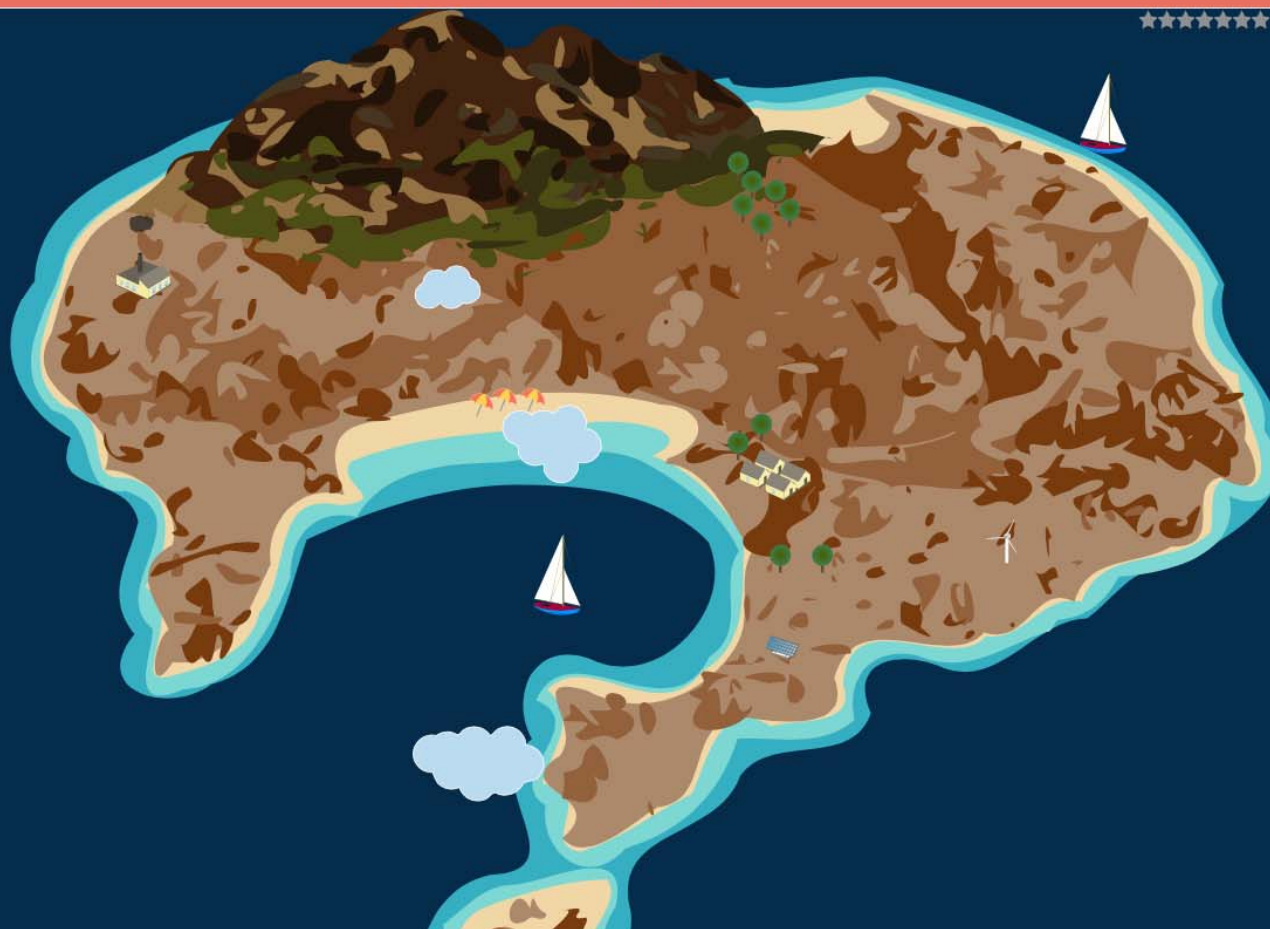
ESCENARIO CON RENOVABLES Y COCHE ELÉCTRICO + ALMACENAMIENTO

Para lograr un abastecimiento 100% de Tenerife en un escenario donde todo el parque móvil fuera eléctrico, sólo necesitaría (aparte de una gestión de cargas complejas en un modelo Smart Grid) un sistema de almacenamiento que suministrara 564 GWh al año.



ABASTECIMIENTO 100% RENOVABLE EN LA ISLA DE TENERIFE

[HTTP://PROYECTOISLARENOVABLE.ITER.ES](http://proyectoislarenovable.iter.es)



ABASTECIMIENTO 100% RENOVABLE EN LA ISLA DE TENERIFE

