

SENAE

EL DESARROLLO FV



Facultad de Física UH

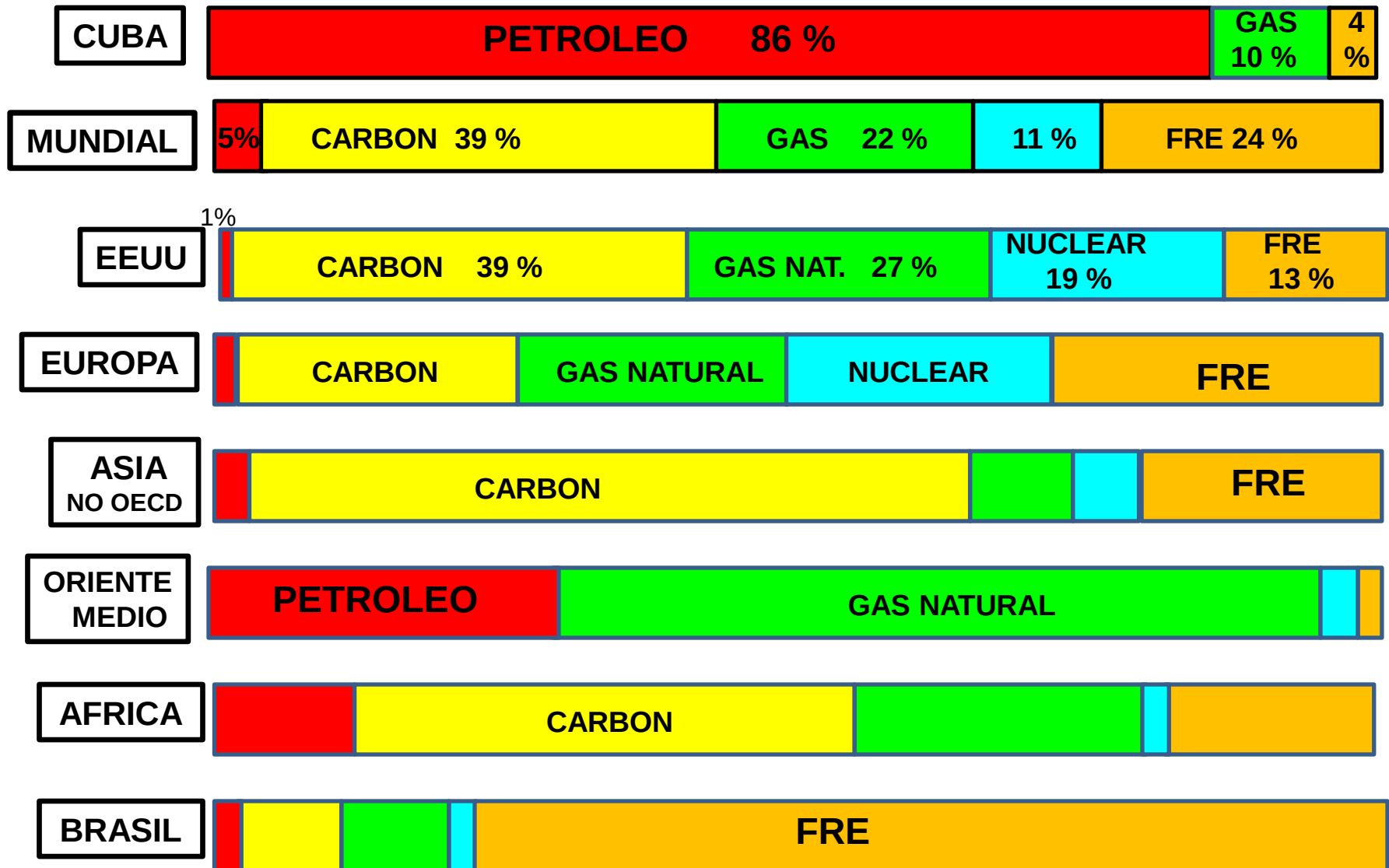
Módulo
FV

Módulo
FV

Diciembre 2016

stolik@imre.oc.uh.cu
dstolik@fisica.uh.cu

EL MIX en Cuba vs otras regiones 2014



Costos del Sistema FV

Instalación

INVERSIÓN INICIAL

MÓDULO



INVERSOR

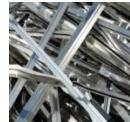
ESTRUCTURA

BOS

CABLEADO

OBRA CIVIL

OTROS



En 25 años

¿ 30 ?

GASTOS POSTERIORES

SALARIOS

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

DEPRECIACIÓN

Tener en cuenta los costos FV
en próximos años



GRAN PROBLEMA

COSTO DE CAPITAL, CRÉDITOS,
TASAS DE INTERÉS

WACC- Weighted average of capital cost



DESDE **APLICACIONES** HASTA



PARQUES FV

De fracciones de watt a cientos de MW.



Potencial FV en Cuba – el 100% del territorio

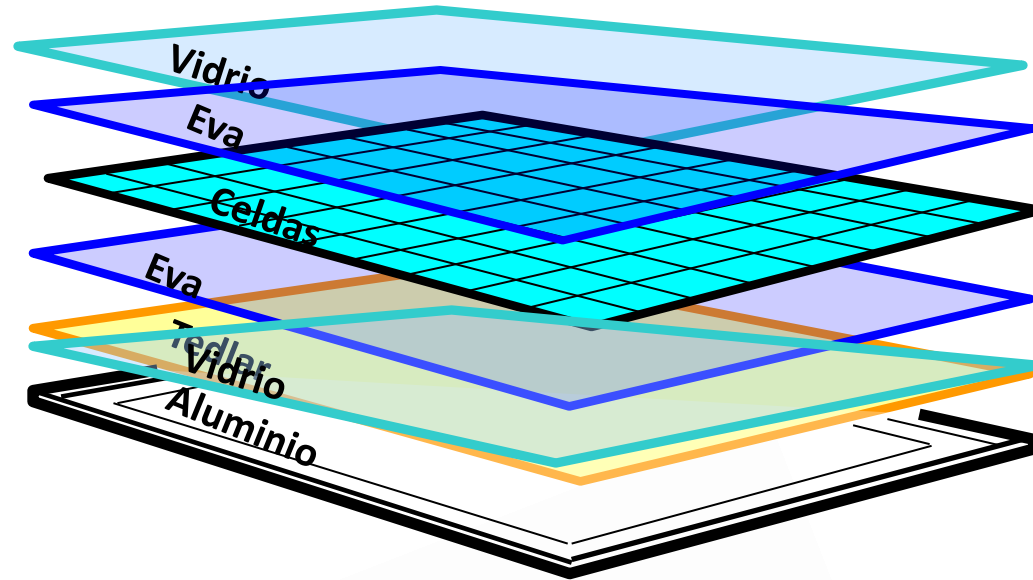


Aislada remota

Conectada a la red



EL MÓDULO FV



Se encapsula

25 Años de vida útil
30 Años de vida útil

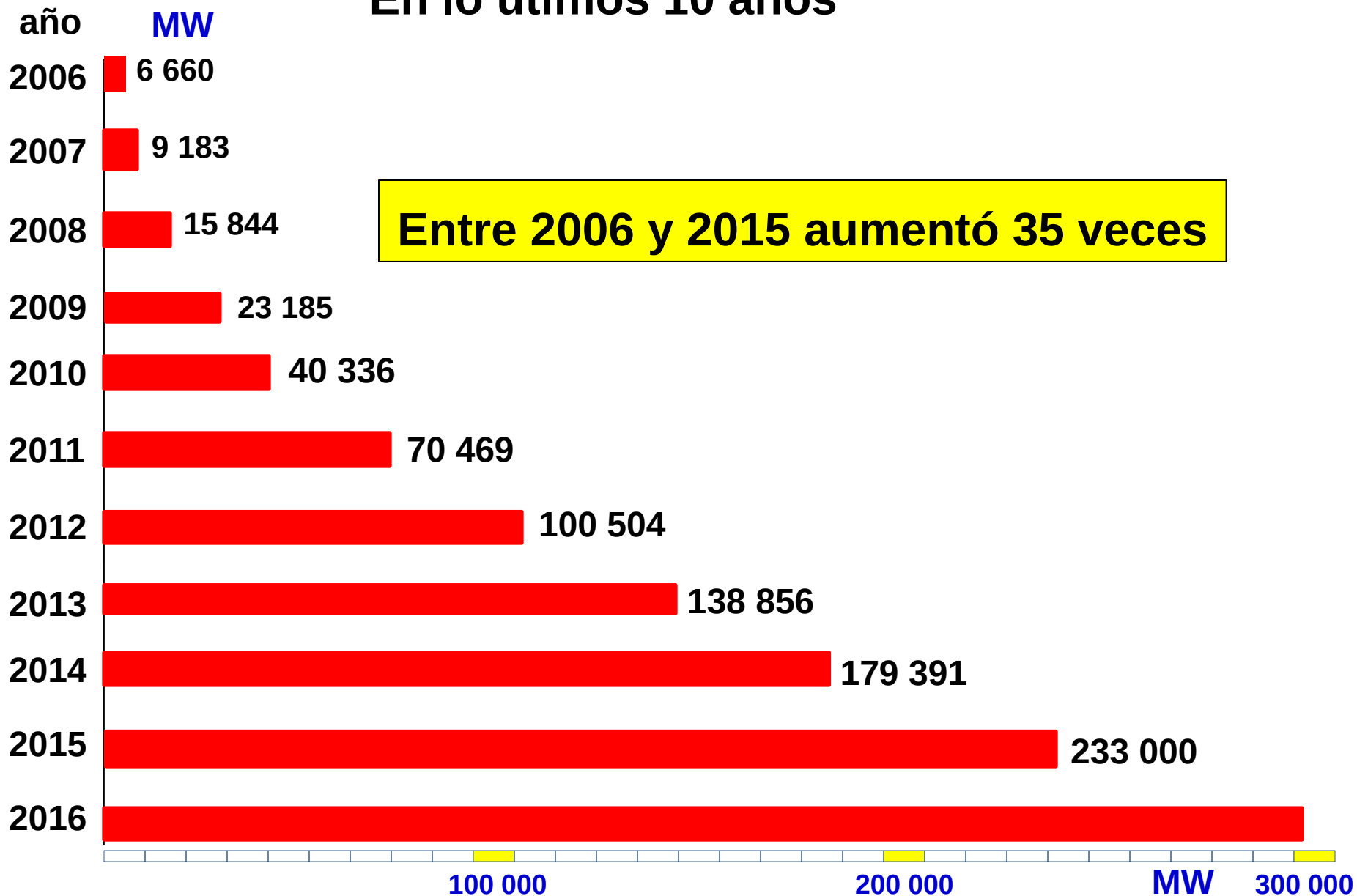
Se abarata en 20% el kWh



Resiste vientos de 228 km. /hora

Instalación mundial FV **acumulada** en MW/año

En lo últimos 10 años



MODULOS FV POR TIPO DE CELDA

año 1915

año 1918

CAPAS DELGADAS



Si-a



CIGS



CdTe

7 %

SILICIO CRISTALINO



Si-C Multi



Si-C Mono

93 %

EVOLUCION DEL MÓDULO FV DE SILICIO POLI

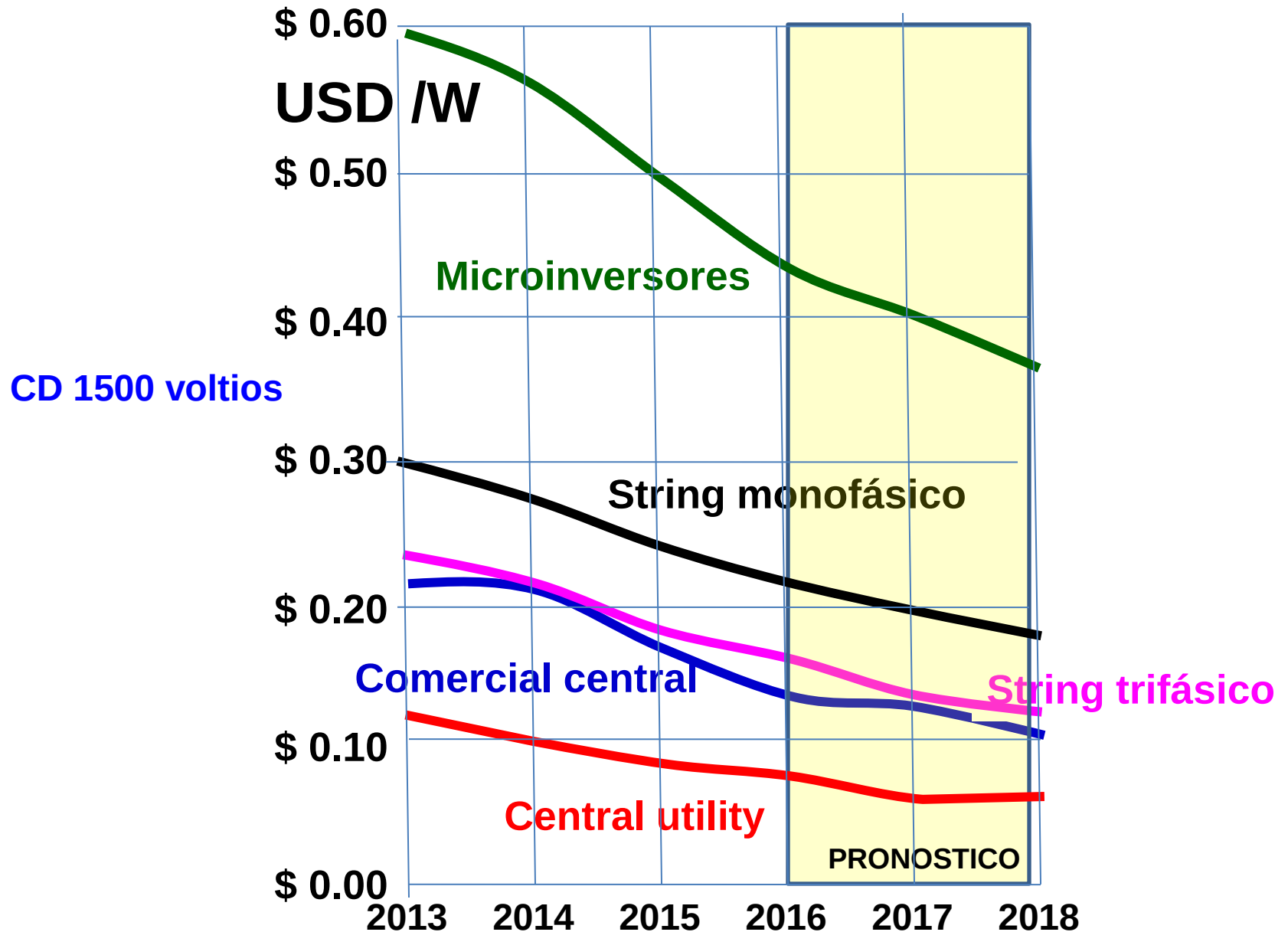
año	Producción anual mundial MW	Promedio USD/ Wp
1975	< 1	70
1980	3.3	30
1990	46	8.7
2000	443	4.8
2005	1390	3
2010	17 150	1.9
2015	54 000	0.56
2016	65 000	0.38
pronóstico		
2020	100 000	0.34

10 primeros productores de módulos FV en 2015

MW

CHINAS	TAIWAN	COREA ALEMANIA	EEUU
TRINA 3631	MOTECH 2117	HANWA 3400	FIRST SOLAR 2518
JA 3617	NEO SOLAR 2100		
CSI 2691			
JINKO 2400			
YINGLI 2388			
Shungfeng 1970			
Suntech			

INVERSORES FV



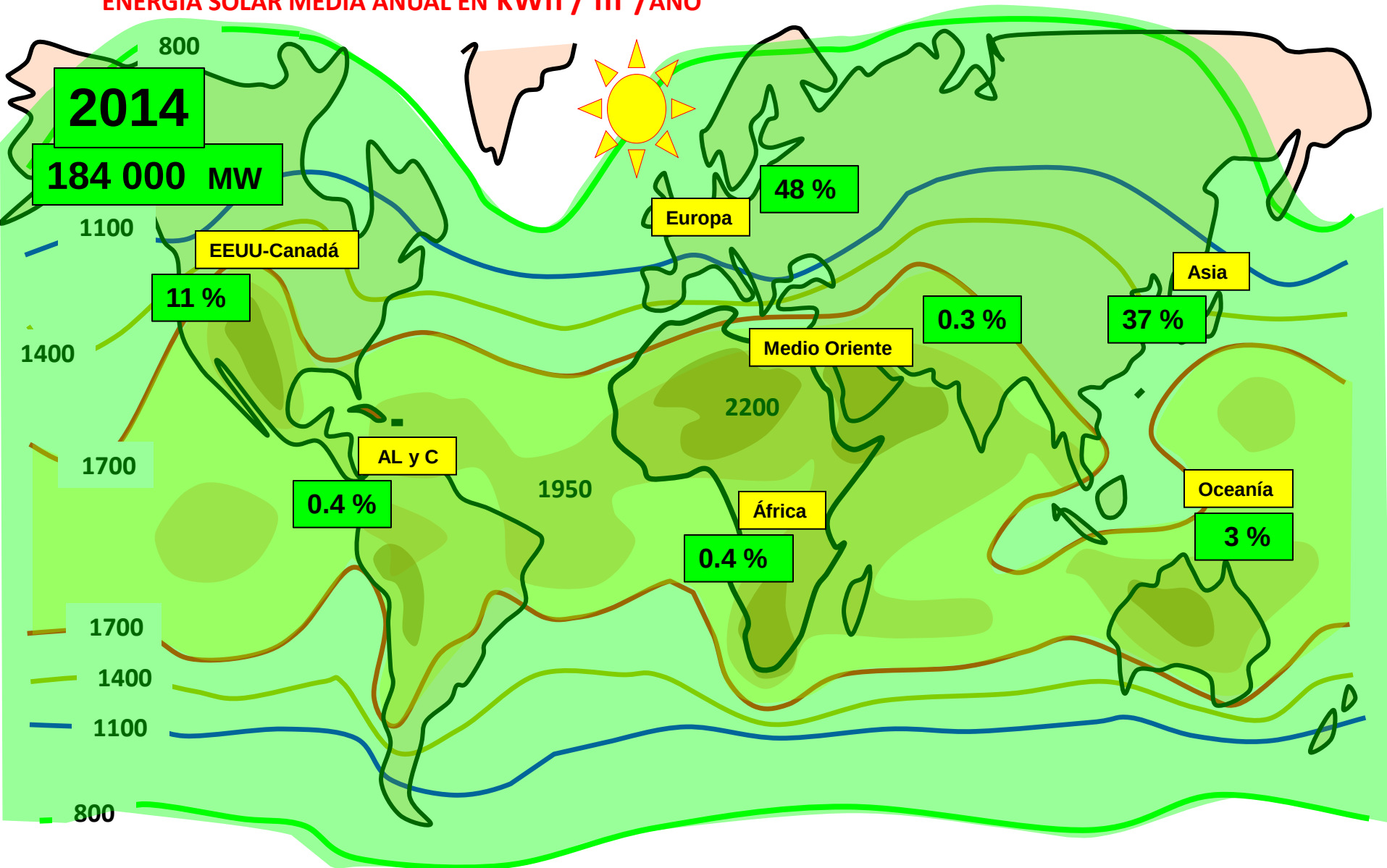
10 primeras empresas productoras de **inversores FV** en 2015

#	EMPRESA	PAIS
1	HUAWEI	CHINA
2	SUNGROW	CHINA
3	SMA	ALEMANIA
4	ABB	SUIZA
5	SINENG	CHINA
6	TMEIC	USA
7	TBEA	CHINA
8	SCHNEIDER ELECTRONIC	FRANCIA
9	POWER ELECTRONIC	ESPAÑA
10	SOLAR EDGE	ISRAEL

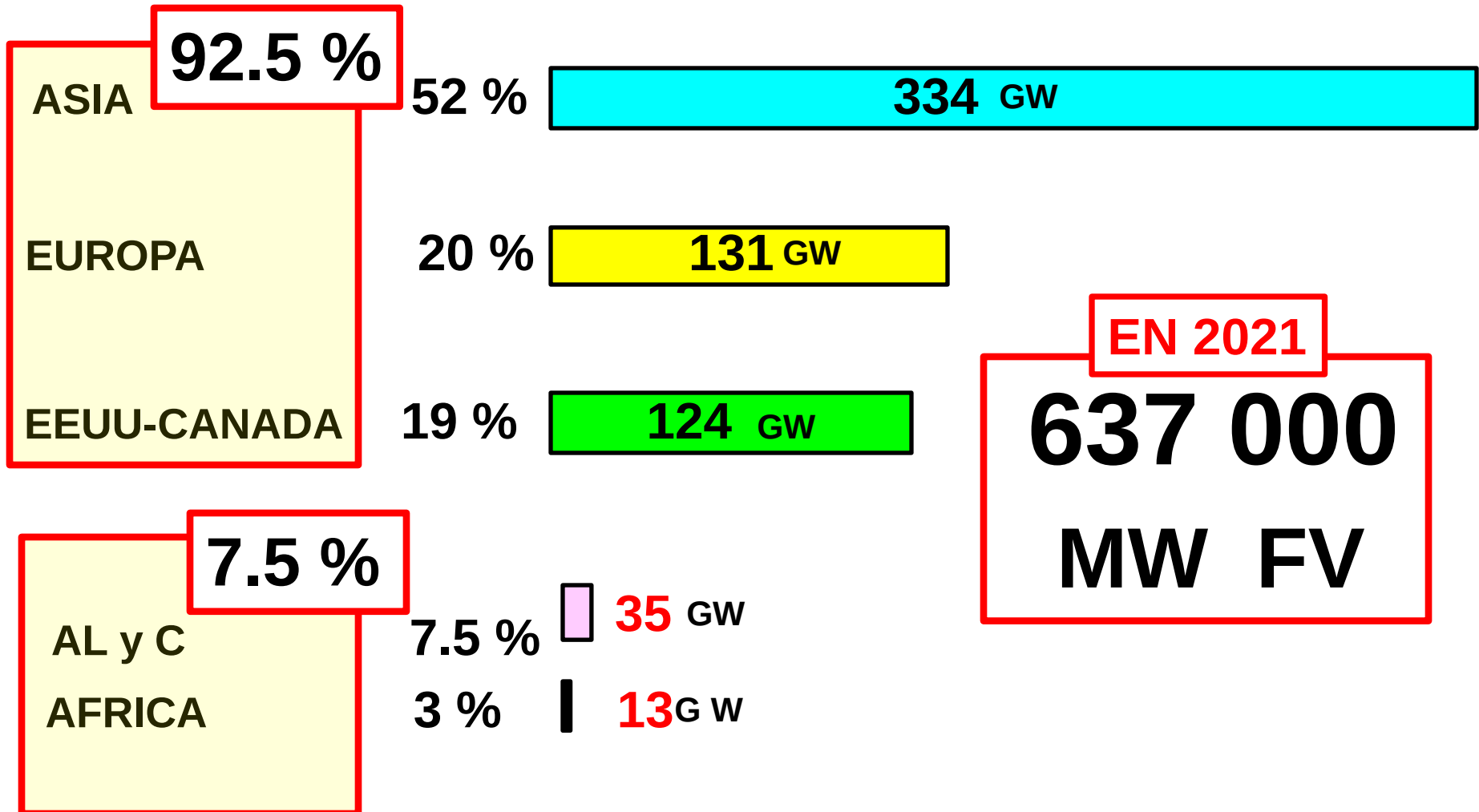
CD 1500 voltios

stolik@imre.oc.uh.cu
dstolik@fisica.uh.cu

ENERGÍA SOLAR MEDIA ANUAL EN kWh / m²/AÑO



PRONOSTICO DE INSTALACIONES FV EN 2021



> 20 000 MW

1	China	43 530
2	Alemania	39 700
3	Japon	34 410
4	USA	25 620
5	Italia	18 920

5 000 - 10 000 MW

6	Reino Unido	8 780
7	India	6 763
8	Francia	6 580
9	Australia	5070
10	España	4700

1 000 - 4 000 MW

11	Sur Corea	3 430
12	Belgica	3 250
13	Grecia	2 613
14	Canada	2 500
15	Rep, Checa	2 083
16	Holanda	1 570
17	Tailandia	1 420
18	Suiza	1 360
19	Rumania	1 325
20	Sur Africa	1 120
21	Bulgaria	1 021
22	Taiwan	1 010
23	Pakistan	1 000

FV en 2015

300 – 1000 MW

24	Austria	937
25	Israel	881
26	Chile	848
27	Dinamarca	789
28	Eslovenia	591
29	Portugal	454
30	Ucrania	432
31	Rusia	407
32	Honduras	389
33	Algeria	300

100 – 300 MW

34	Mexico	282
35	Turquia	266
36	Esloven.	257
37	Malasia	231
38	Bangladesh	167
39	Filipinas	155
40	Hungria	138
41	Suecia	130
42	Luxembu	125

**Cuba 700 MW FV
en 2030**

?

233 000 MW

< 100 MW

43	Guatem.	98
44	Puerto R.	97
45	Peru	96
46	Polonia	87
47	Malta	73
48	Lituania	73
49	Chipre	70
50	Uruguay	60
51	Croacia	45
52	Panama	43
53	Ecuador	26
54	Brasil	25

55	Cuba	22
----	------	----

56	Finlandia	20
57	Noruega	15
58	Argentina	15
59	Estonia	4
60	Irlanda	2
61	Latvia	2

Europa
EEUU y Canada
Asia y Oceanía
África
Latinoamérica

stolik@imre.oc.uh.cu

dstolik@fisica.uh.cu

Estrategia conectada a red



1

¿ Por donde empezar en Cuba ?

UTILITY
En parques (suelo)

Techos
Cubiertas
Suelo

Del lado del cliente

son del lado del cliente

Social

4

Industrial

1+2

Comercial

3

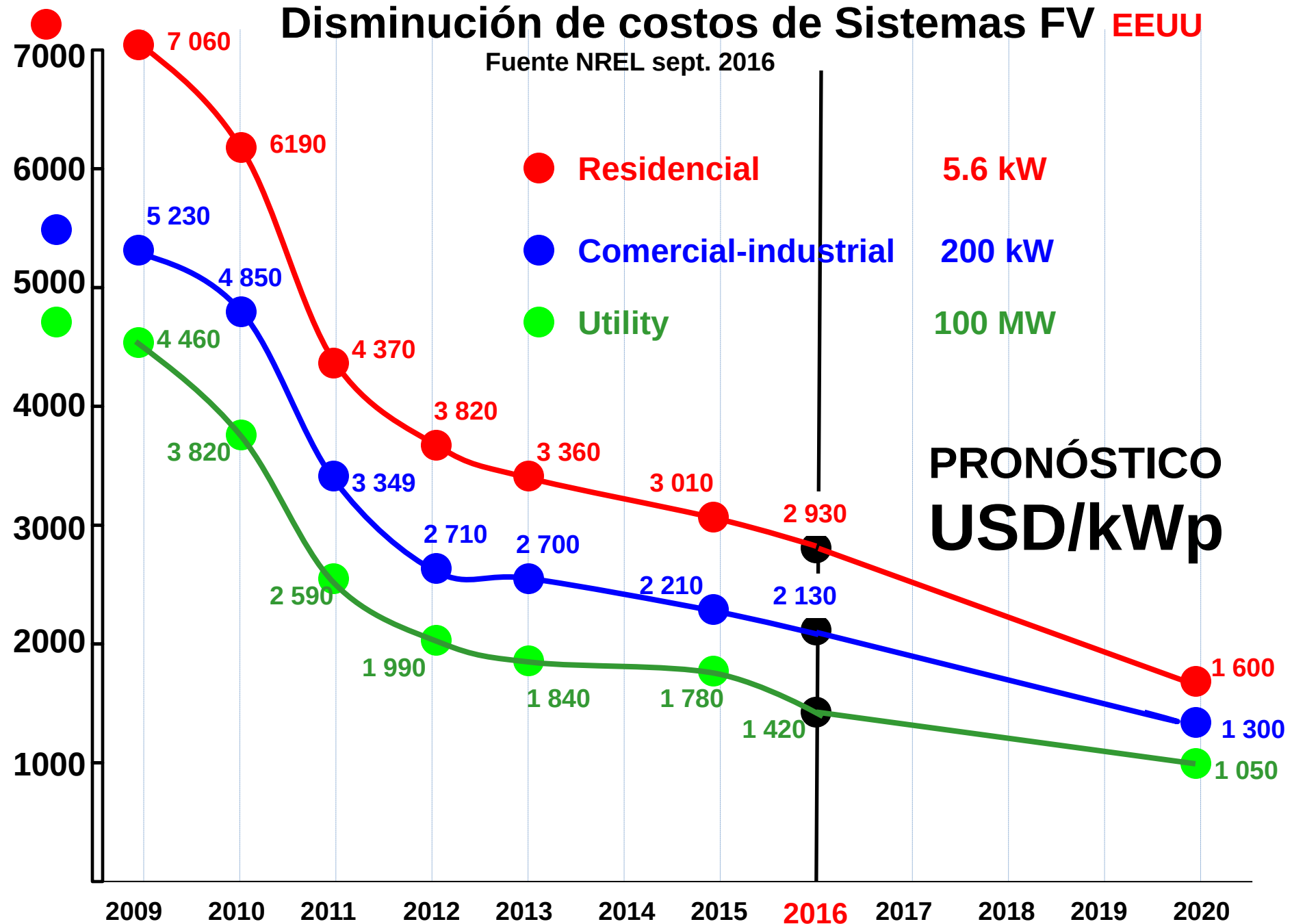
Residencial

5

USD/kWp

Disminución de costos de Sistemas FV EEUU

Fuente NREL sept. 2016



Potencia de la planta FV mayor del mundo existente en distintos años

AÑO	NOMBRE DE LA PLANTA	PAÍS	MW
1982	LUGO	EEUU	1
1985	CARRISA PLAIN Se cerró	EEUU	5.6

MORATORIA DE PARQUES FV 20 AÑOS DESPUÉS

2005	BAVARIA SOLAR PARK	ALEMANIA	6.3
2006	ERLASEE SOLAR PARK	ALEMANIA	11.4
2008	OLMEDILLA FV PARK	ESPAÑA	60
2010	SARNIA FV POWER PLANT	CANADA	97
2011	GOLMUD SOLAR PARK	CHINA	200
2012	AGUAS CALIENTES SOLAR	EEUU	290
2014	TOAZ SOLAR FARM	EEUU	550
2015	SOLAR STAR	EEUU	579
2016	LONGYANGXIA	CHINA	850

Instalaciones FV de nivel de “Utility”, parques > 4 MW

año	MW anual	Crecimiento anual	MW acumulado	
2006			100	
2007	200	8 %	300	
2008	1000	14 %	1 300	
2009	400	5 %	1 700	
2010	2 000	12 %	3 700	
2011	4 000	14 %	7 700	
2012	6 300	21 %	14 000	
2013	10 000	26 %	24 000	
2014	14 000	35 %	38 000	
2015	22 000	40 %	60 000	2 836 PLANTAS, 16 MW/PLANTA
2016	35 000	53 %	95 000	> 4000 PLANTAS, 20 MW/PLANTA

PLANTAS MAYORES DE 100 MW FV

	PLANTA	PAÍS	MW
1	LONGYANGXIA	CHINA	850
2	KAMUTHI SOLAR POWER	INDIA	648
3	SOLAR STAR	USA	579
4	DESE	USA	550
5	TOPAZ SOLAR FARM	USA	550
6	COP	USA	458
7	NINXIA YANCHI FASE1	CHINA	380
8	CHAPANKA SOLAR P.	INDIA	345
9	CES	FRANCIA	300
10	AGUA CALIENTE	USA	290
11	AN	USA	266
12	M	USA	266
13	CALIFORNIA VALLEY	USA	250
14	EL R	CHILE	246
15	MEZQITE SOLAR I	USA	207
16	GONGHE	CHINA	200
17	SOLA	SURAFRICA	175
18	CENTINELA SOLAR	USA	170
19	SOL	ALEMANIA	166
20	CAN	USA	161
21	MARIA ELENA SOLAR	CHILE	160
22	WEL	INDIA	151
23	IMPERIAL SOLAR	USA	150
24	SOLAR GEN 2	USA	150
25	EURUS ROKASHO	JAPON	148
26	NACAOME VALLE	HONDURAS	146
27	NEUHARDENBERG	ALEMANIA	145

	PLANTA	PAIS	MW
28	ARLINGTON VALLEY	USA	145
29	CATALINA SOLAR	USA	143
30	QUINTO SOLAR	USA	136
31	GADIZ SOLAR	FILIPINAS	132
32	T	ALEMANIA	128
33	TAMBOL HUAWAI	TAILANDIA	126
34	SAKPI	INDIA	125
35		USA	118
36	TOUL-ROSIERES	FRANCIA	115
37		JAPON	111
38		USA	104
39	PEROVO	UCRANIA	105
40		AUSTRALIA	102
41	ACME SOLAR	INDIA	100
42	AMANECER SOLAR	CHILE	100
43		INDIA	100
44	CHENGDE PV II	CHINA	100
45		CHINA	100
46	SOLAR SEFTENBERG	ALEMANIA	100
47		CANADÄ	100
48	KINGSTON SOLAR	CANADA	100
49	NINGXIA QINYANG	CHINA	100
50	QUAID- E- AZAM	PAKISTAN	100
51	XIANGSHUI SOLAR	CHINA	100
52	XITIESAN SOLAR	CHINA	100

INSTALACIONES FV EN TECHOS DE POTENCIAS MAYORES DE **1 MWp**

3 > 10 MW

11 entre 5 y 9 MW

20 entre 2 y 4.9 MW

> 20 entre 1 y 1.9 MW

Instalación FV	País	MWp
8 RoofS by L&T Constructio Punjab	India	19.5
General Motors Zaragoza	España	11.8
Punjab solar plant	India	11.5
St. Charles International Perpignan	Francia	9
Riverside RE-Holt Logistics refrigerated warehouse	USA	9
Goodyear Dunlop logistic centre Philippsburg	Alemania	7.4
Shanghai No.1/2 Metro Operation Co. Ltd.Shanghai	China	6.68.
Mandalay Bay Resort Convention Cente Las Vegas	USA	6.4
Convention Center, Las Vegas, NV	USA	6.4
R Us Flanders, NJ	USA	5.38
Sharp , Kameyama	Japón	5.1
Sonnenfleck-tts-Bürstadt,Hessen	Alemania	5
IKEA Distribution Center, Perryville,MD,	USA	5
Urban Energy Solar, Yonkers,NY	USA	5
Avidan Eberg Solutions, Edison NJ	USA	4.26
Hartmann AG,Muggensturm, Baden-Württemberg	Alemania	3.84
Franz Fischer, Dingolfing, Bavaria	Alemania	3.7
Michelin Solar Park Homburg, Saarland	Alemania	3.5
The Shenergy Group, Shanghai World Expo	China	3.12
V T – Sun, Chomutov	Rep. Checa	2.98
Gerresheimer Glass, Vineland,NJ	USA	2.9
Robinsons Starmills, San Fernando, Pampanga,	Filipinas	2.88
Boeing 787 assembly building South Carolina	USA	2.6
FedEx Woodbridge NJ	USA	2.4
Volkswagen Wolfsburg	Alemania	2,4
Atlantic City Convention Center Atlantic City, NJ	USA	2,36
DuPont Fabros Tec. Data Center Piscataway, NJ,	USA	2.16

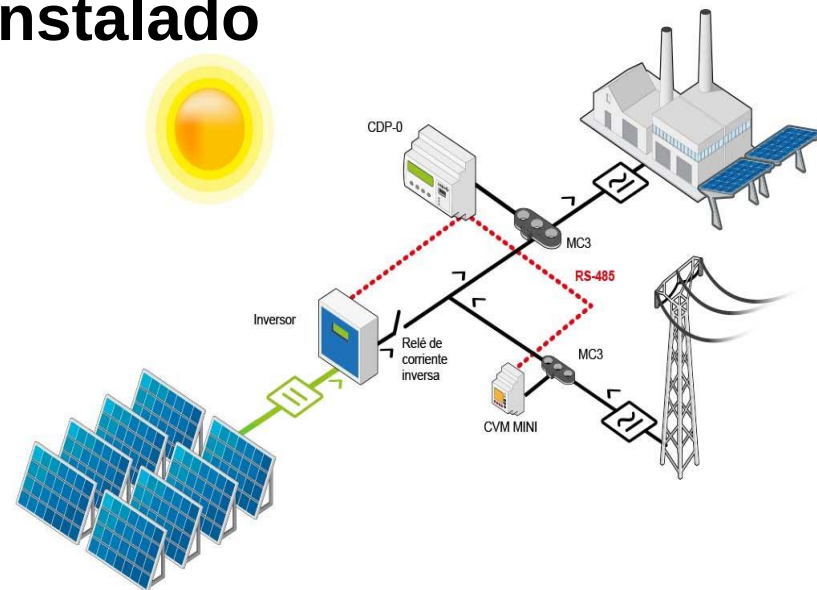
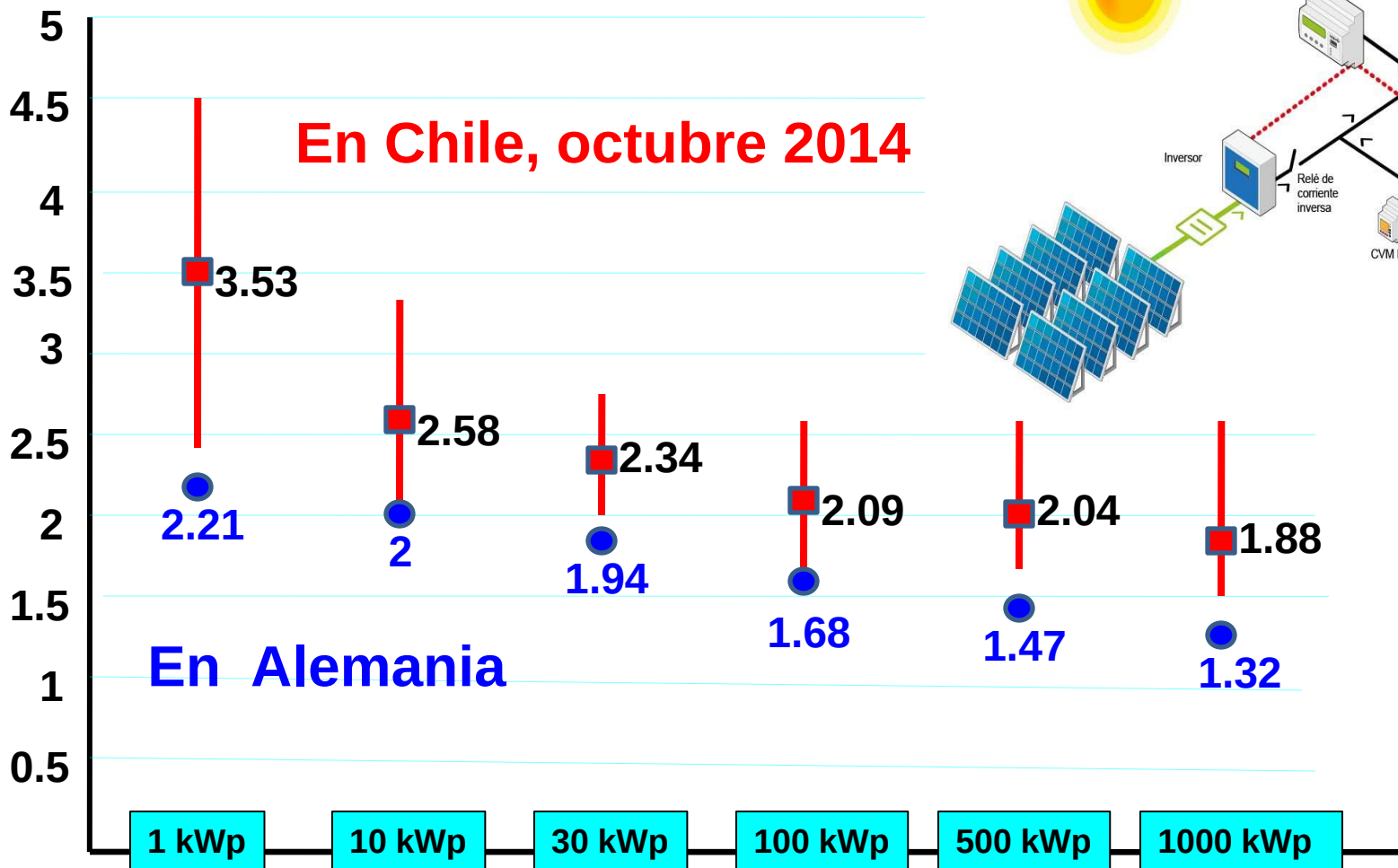
Trade fair Munich	Alemania	2.1
GSA Bean Federal Center Indianapolis, IN	USA	2
Tesco Riverside, CA	USA	2
Te co Riverside, CA	USA	2
Southern California Edison , Fontana, CA	USA	2
New Fruit and Vegetable Market, Mohali, Punjab	India	2
Zhejiang Energy Conservation Industry Development	China	2
Wyncoast Industrial Park Public Co., Chachoengsao	Tailandia	1.85
Toyota Parts Center Europe	Belgica	1.8
Google headquarters Mountain View CA	USA	1.6
Black River Park, Cape Town, WC	África Sur	1.54
Solar Park Pfersdorf e.G.	Alemania	1.5
Log.center in Relzow, Mecklenburg-West Pomerania	Alemania	1.5
Rome Trade Fair, Roma	Italia	1.4
Progress Energy , New Bern, NC	USA	1.27
Lidi, Freiburg im Breisgau	Alemania	1.2
Leduc Recreation Centre in Leduc, Alberta	Canada	1.14
Migros Romande Energie Lausanne	Suiza	1.1
Southern California Edison, Rialto, CA	USA	1
North Delhi Power Limited	India	1
Green City Energy, Haertensdorf	Alemania	1
CuisinArt, Rendezvous Bay	Anguila	1
Urban Energy Solar, Yonkers,NY	USA	1
Rooftop Solar PV Plant on a Single Roo	India	1
Cradlestone Mall, Krugersdorp, GP	Surafrica	1
Wyncoast Industrial Park Public Co.,Ltd Phase 1	Tailandia	1
Orange County Convention Center Orlando, FL	USA	1
Port of Los Angeles Los Angeles, CA	USA	1

Costos de Sistemas FV por Wp instalado

USD/Wp

En Chile, octubre 2014

En Alemania



FINANCIAMIENTOS

1

FEED IN TARIF (FIT)
TARIFA FERTILIZADA
PAGO –¿A cuanto el kWh?

2

NET- METERING **BALANCE NETO**
RELOJ BIDIRECCIONAL.

3

POWER PURCHASE AGREEMENT
CONTRATO DE COMPRA VENTA

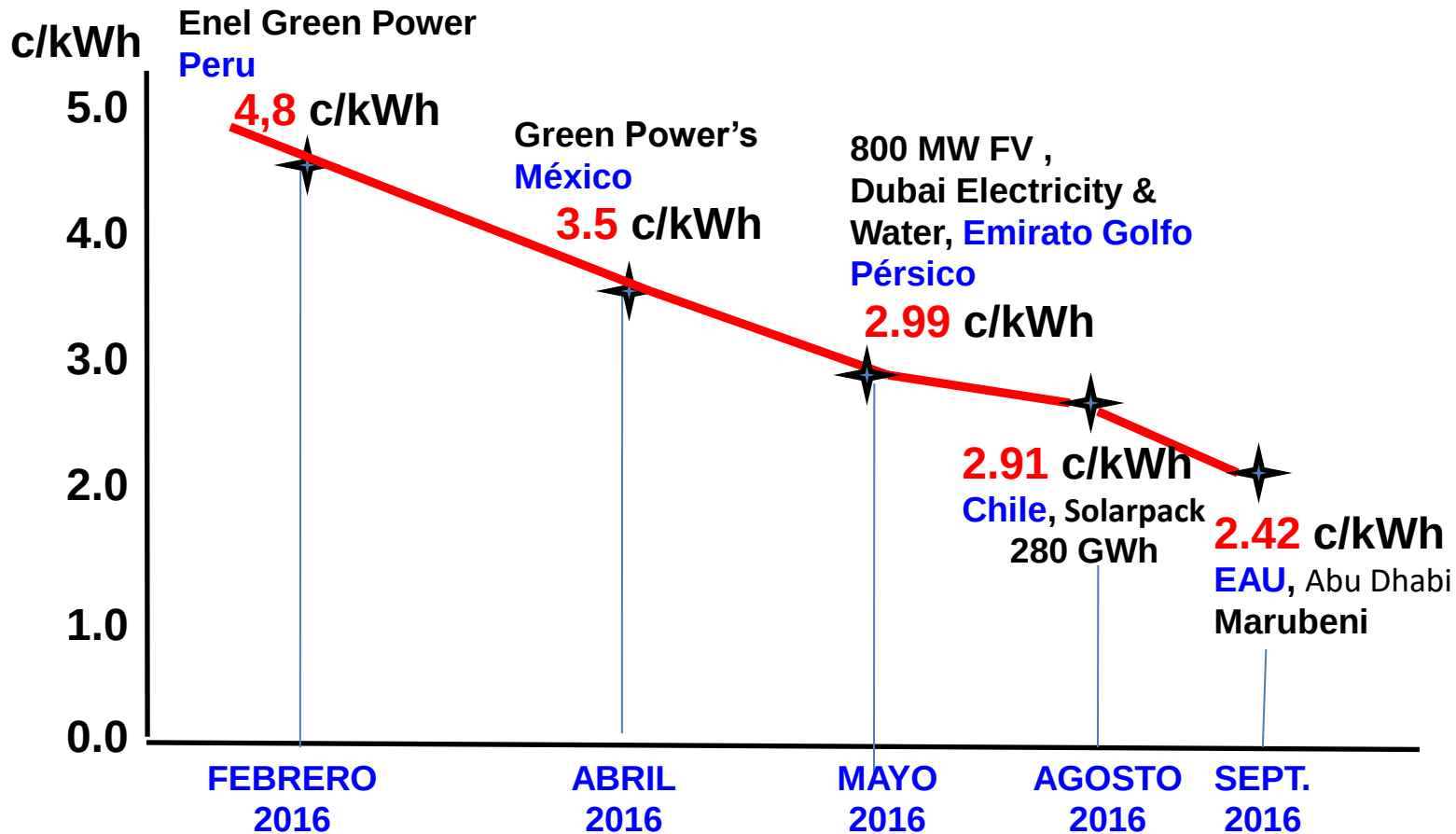
PPA

PPA - Muy recomendable, pero no pagar > 8 cents/kWh por 20 años.

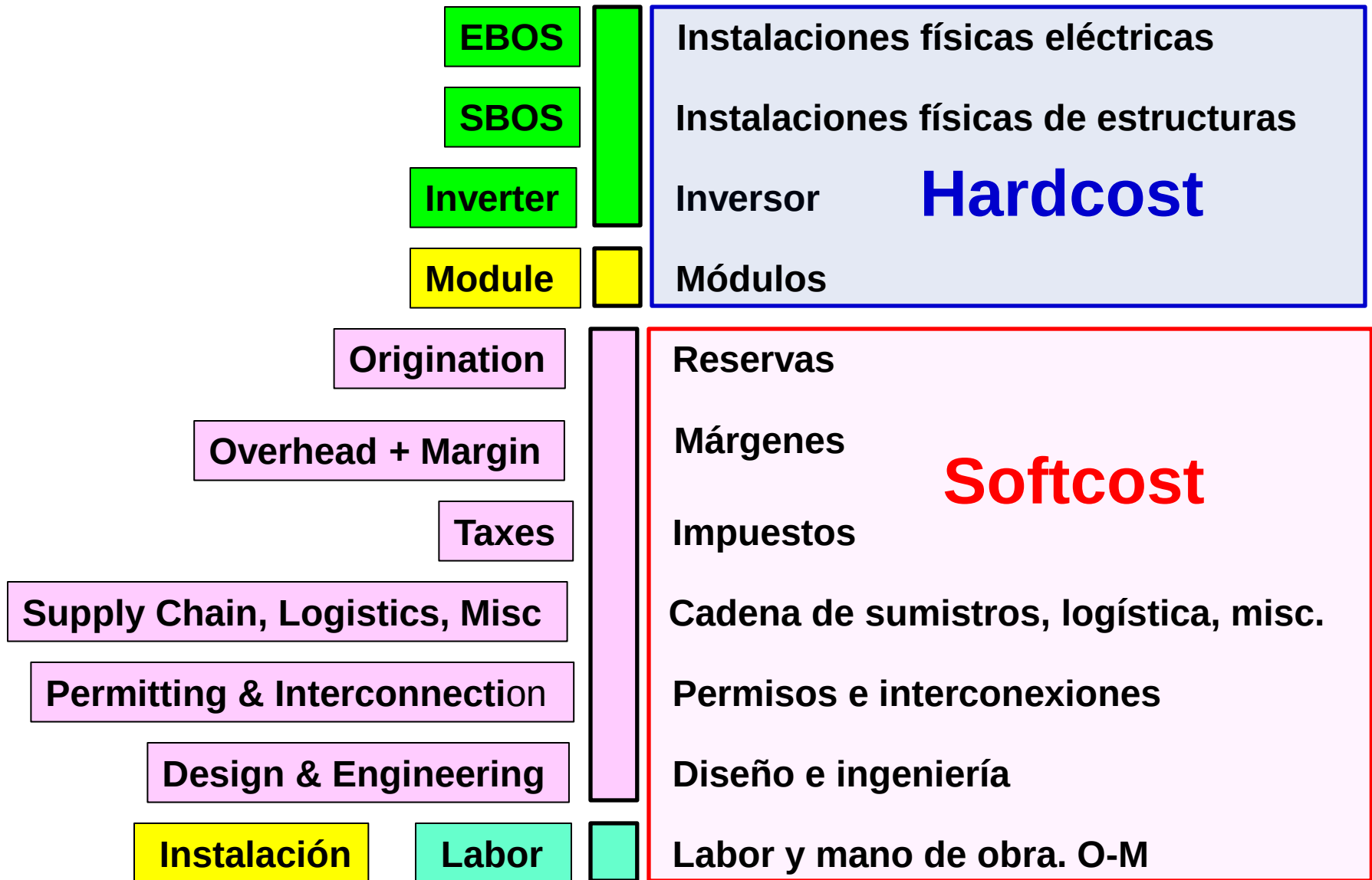
4

Comprar el “hardcost” en USD. Hacer el “softcost” en CUP

RECORDS DE PPA



Costo FV = **Hardcost** + **Softcost**



VARIANTES DE DE COSTOS EN “UTILITY” EN CUBA.

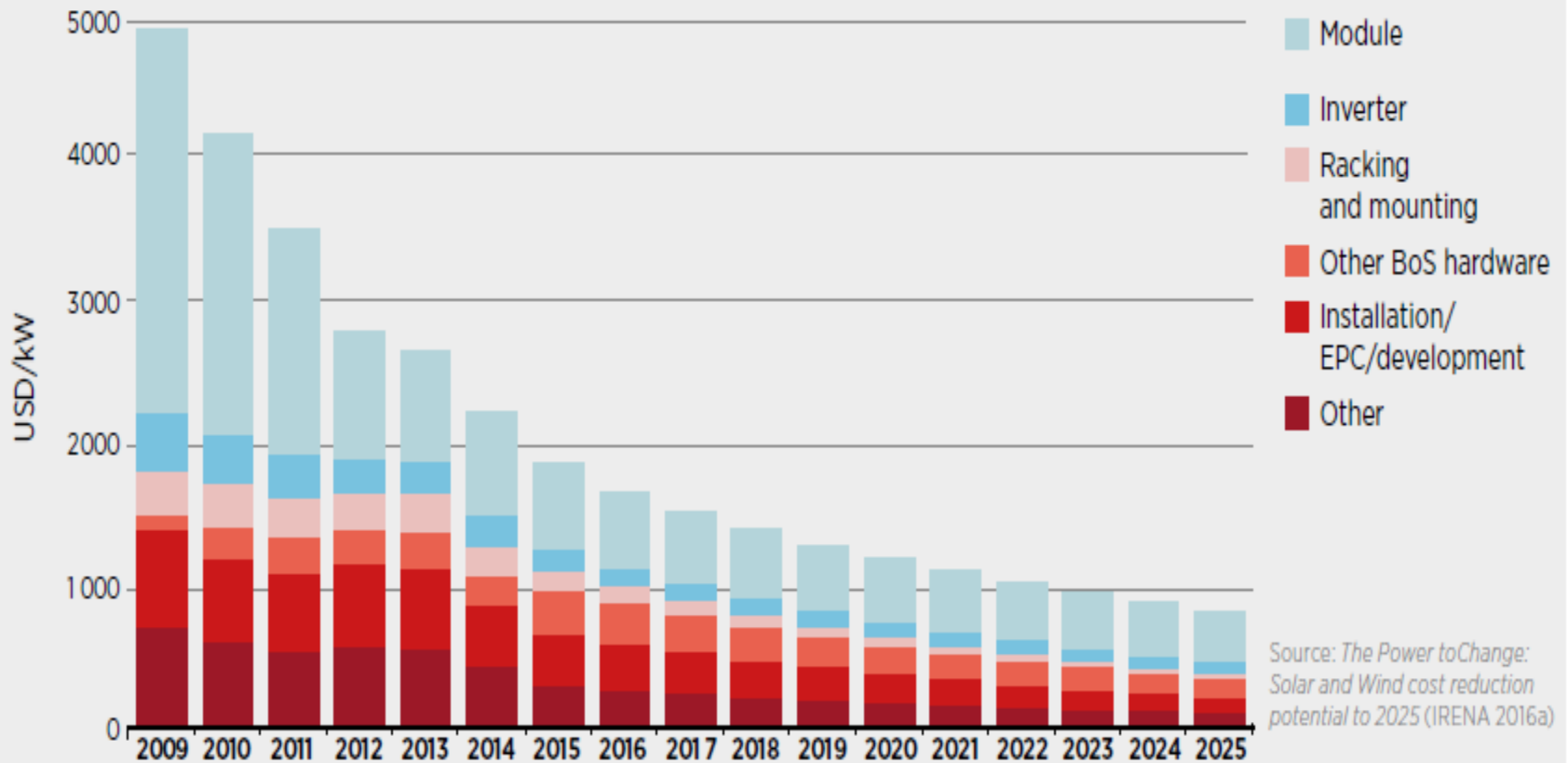
Por cada 10 MW FV

	PPA 20 años	PPA 25 años
Cts USD /kWh	Millones de USD	Millones de USD
9	25,2	30,6
8	22,4	27,2
7	19,6	23,8
6	16,8	20,4

VARIANTE DE INVERSIÓN PROPIA: “HARD” en USD
“SOFT” en MONEDA NACIONAL

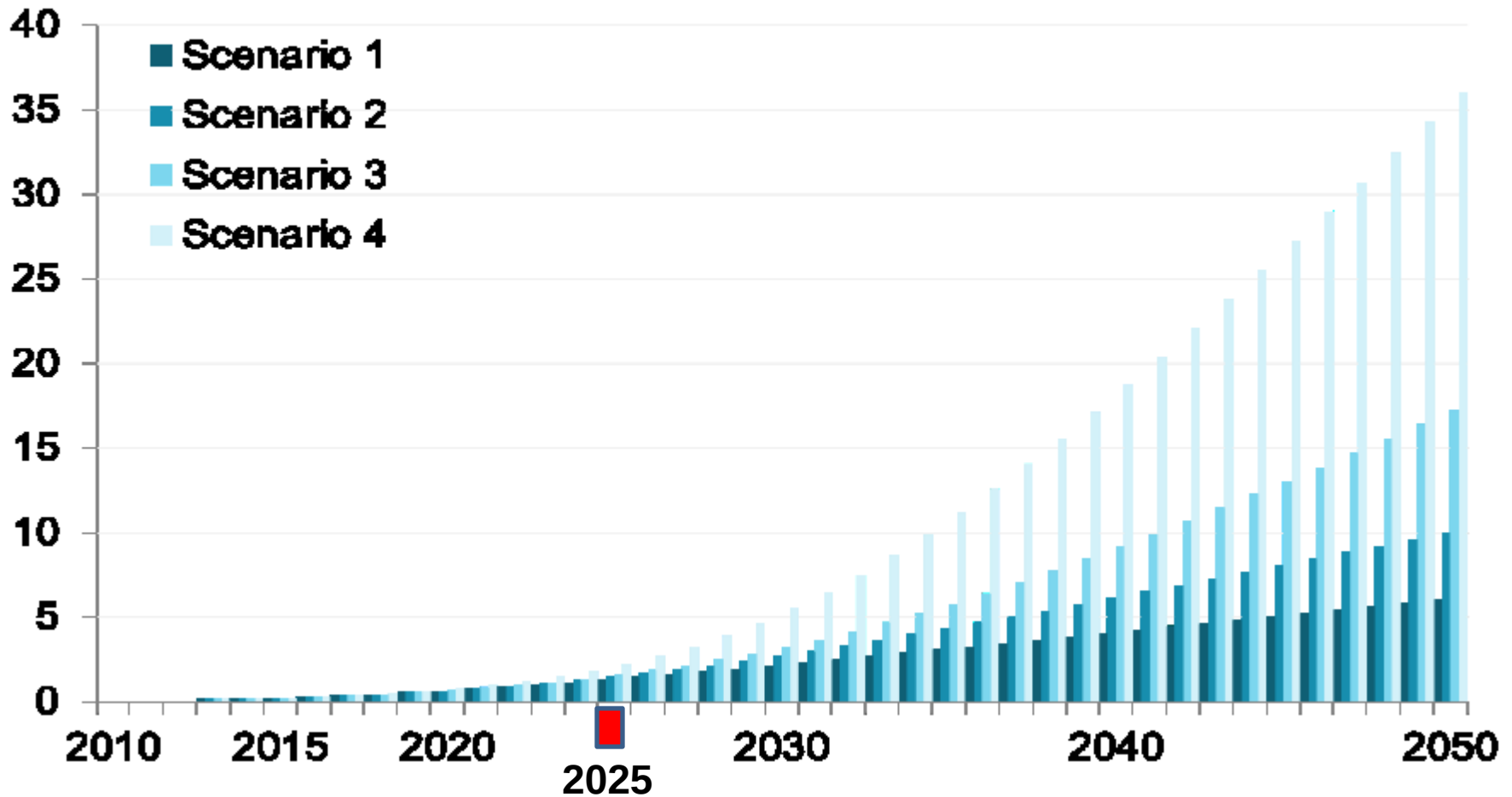
3 Cts USD/kWh	10.2 millones USD
----------------------	--------------------------

Figure 8: Global weighted average utility-scale solar PV total installed costs, 2009-2025



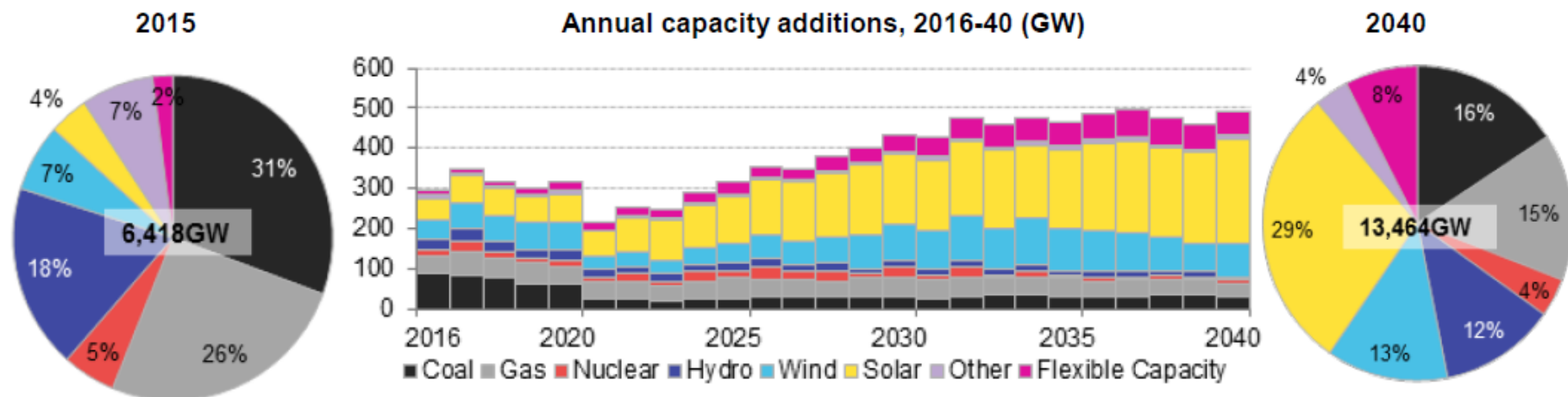
Current and Future Cost of Solar Photovoltaics

Key Insights FEBRUARY 2015



Solar's precipitous cost decline sees it emerge as the least-cost generation technology in most countries by **2030**. It will account for **3.7 TW**.

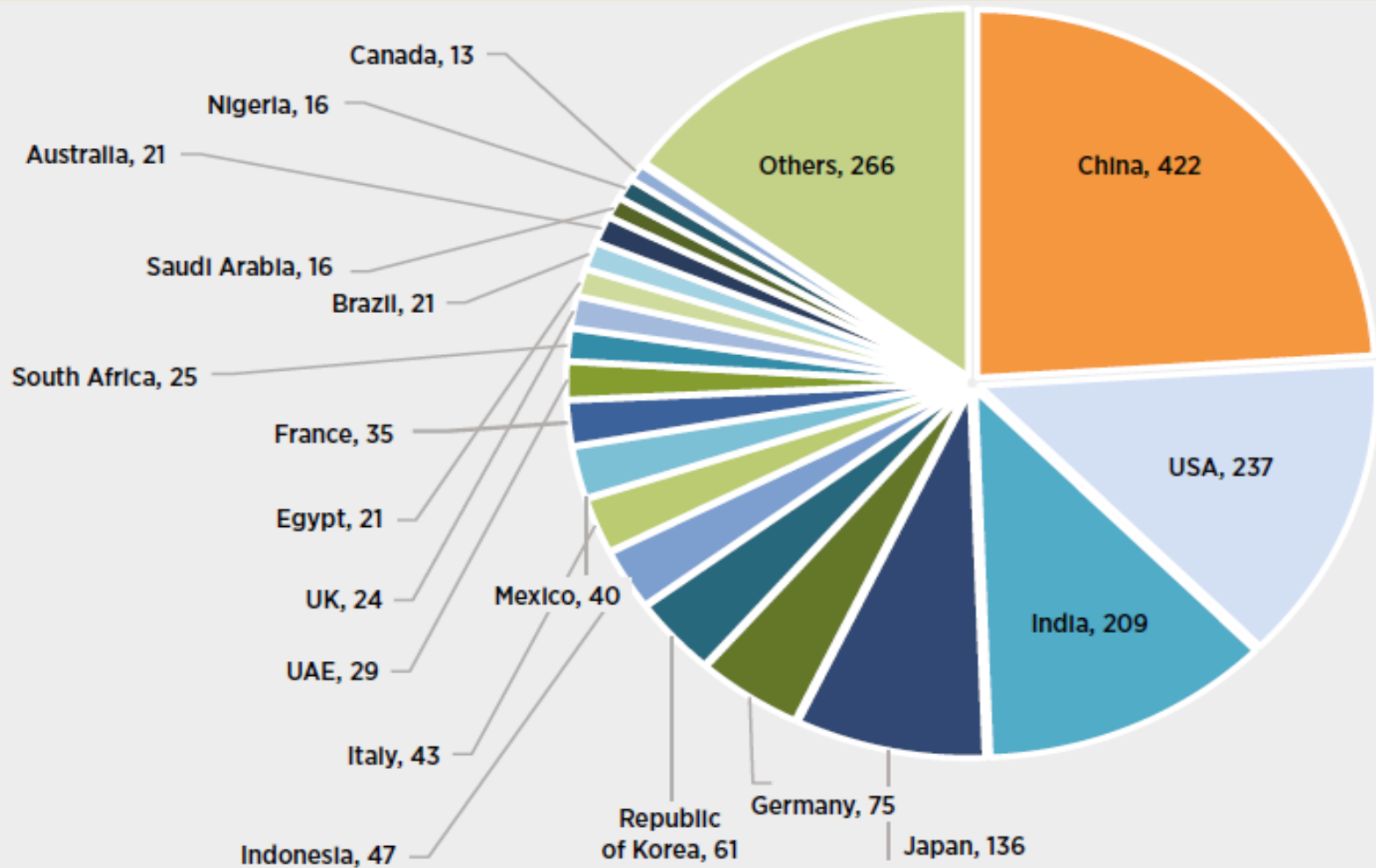
Figure 1: Global installed capacity in 2012 and 2040 and projected capacity additions, by technology (GW)



Source: Bloomberg New Energy Finance. Note: Flexible capacity includes power storage, demand response, and other potential resources.

2015			2040			2015			2040		
	Solar	de 4% a 29%					Hidro	de 18% a 12%			
	Carbon	de 31% a 16%					Flexibles	de 2% a 8%			
	Gas	de 26% a 15%					Nuclear	de 5 % a 4%			
	Viento	de 7 % a 13%					Otros	de 7% a 4%			

Figure 10: Solar PV deployment by country in GW in 2030



IRENA, 2015a

El reto, lograr

El kWh FV a **< \$0.05** USD

Recuperación de la inversión en **< 5 años**

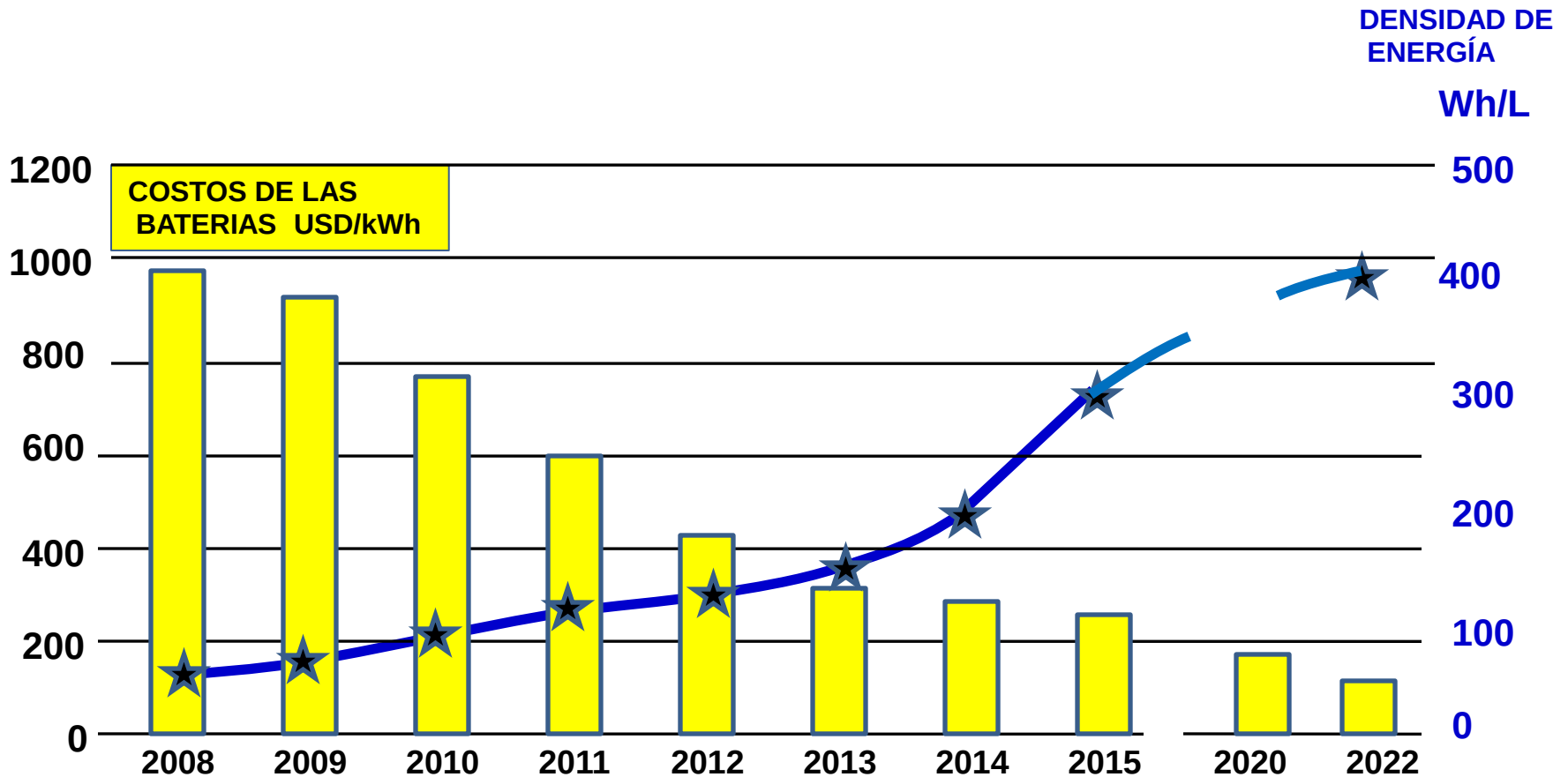
Hacer su aporte

al nivel de **industrialización** del país.

a la **soberanía** electro energética

al aumento de la **calidad de vida** de la población.

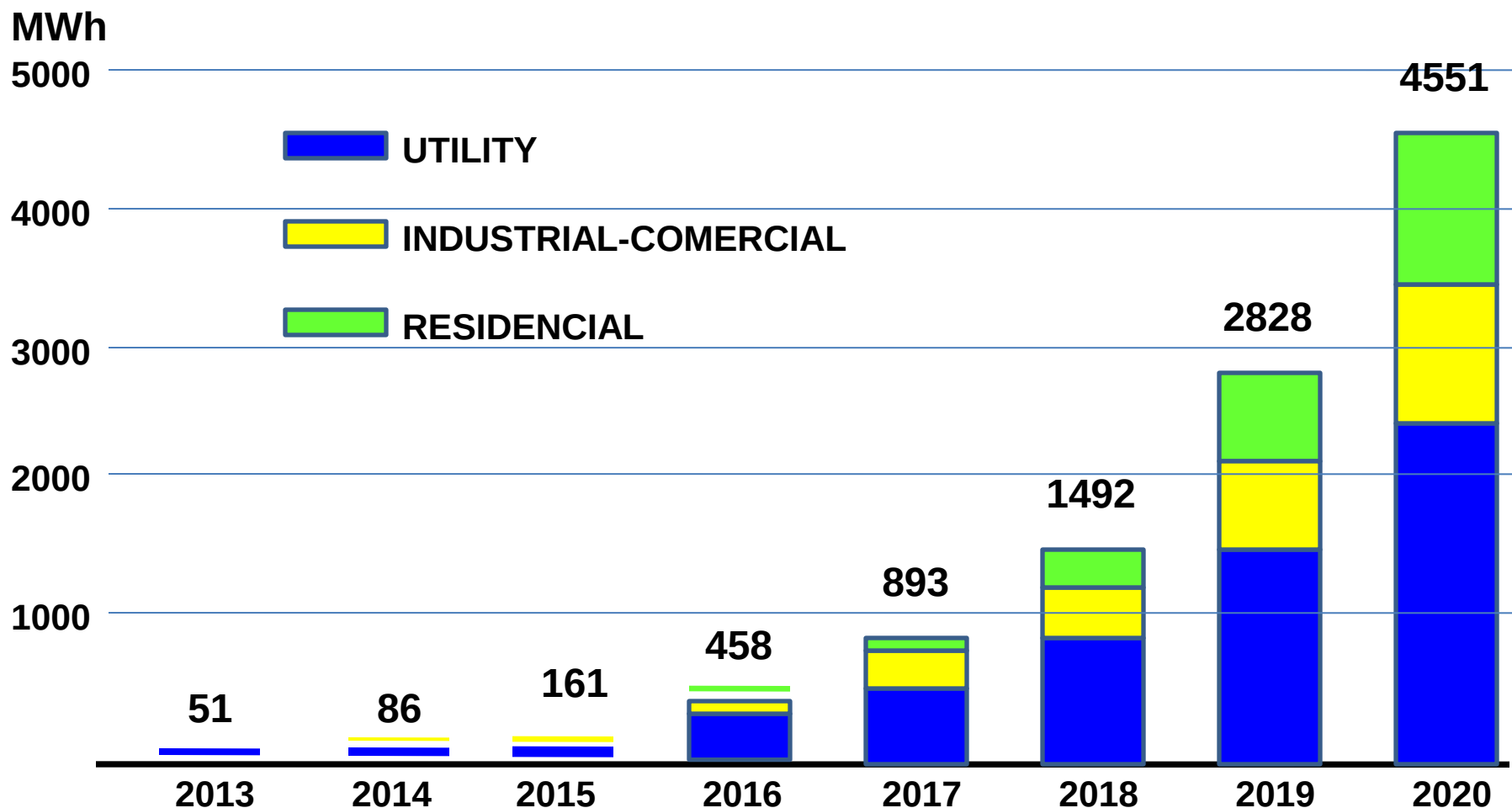
EVOLUCIÓN DE LA DENSIDAD DE ENERGÍA Y COSTOS DE LAS BATERÍAS

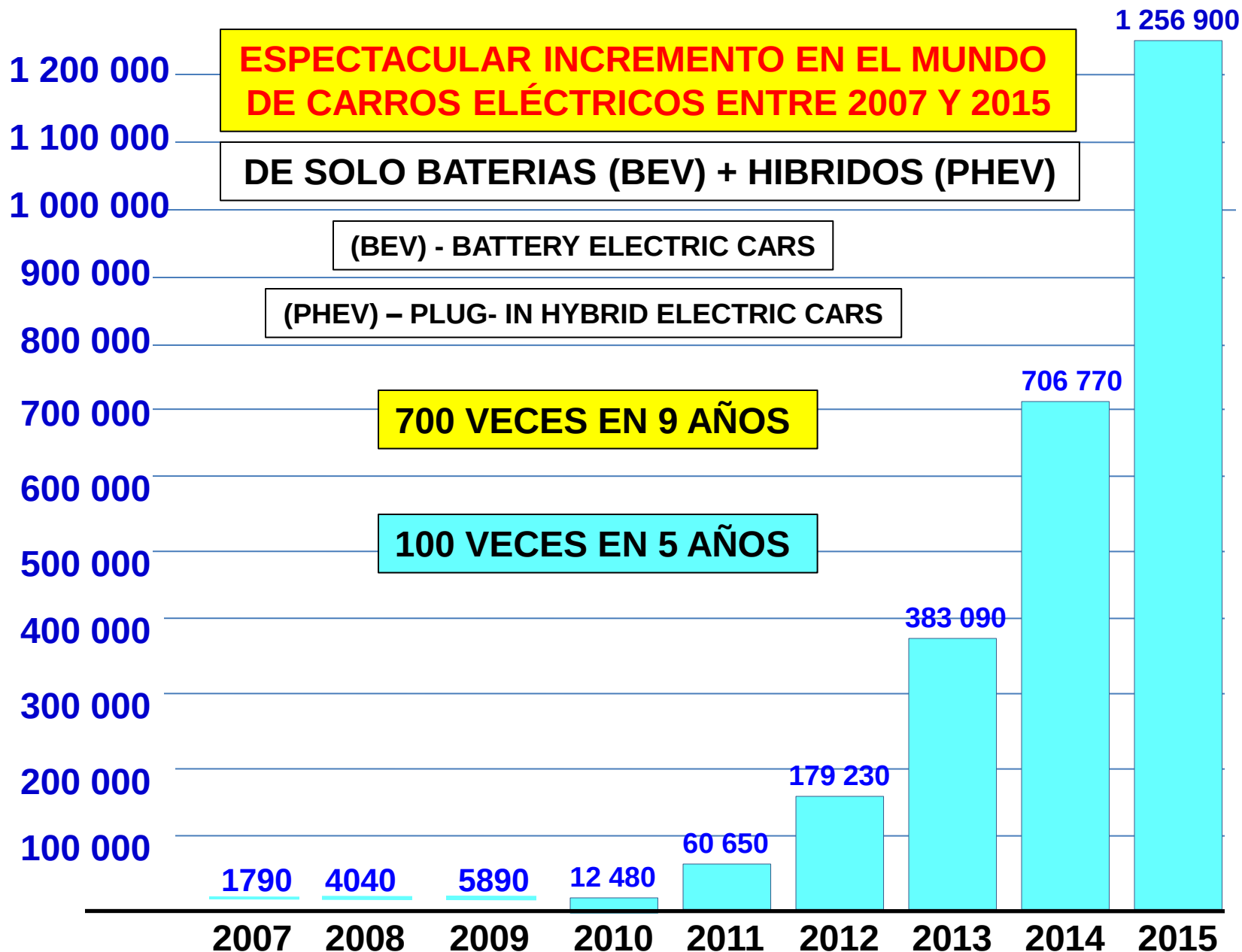


Over the next 25 years, **electric vehicles will provide 2,701TWh of additional electricity demand, to reach 8% of world consumption.**

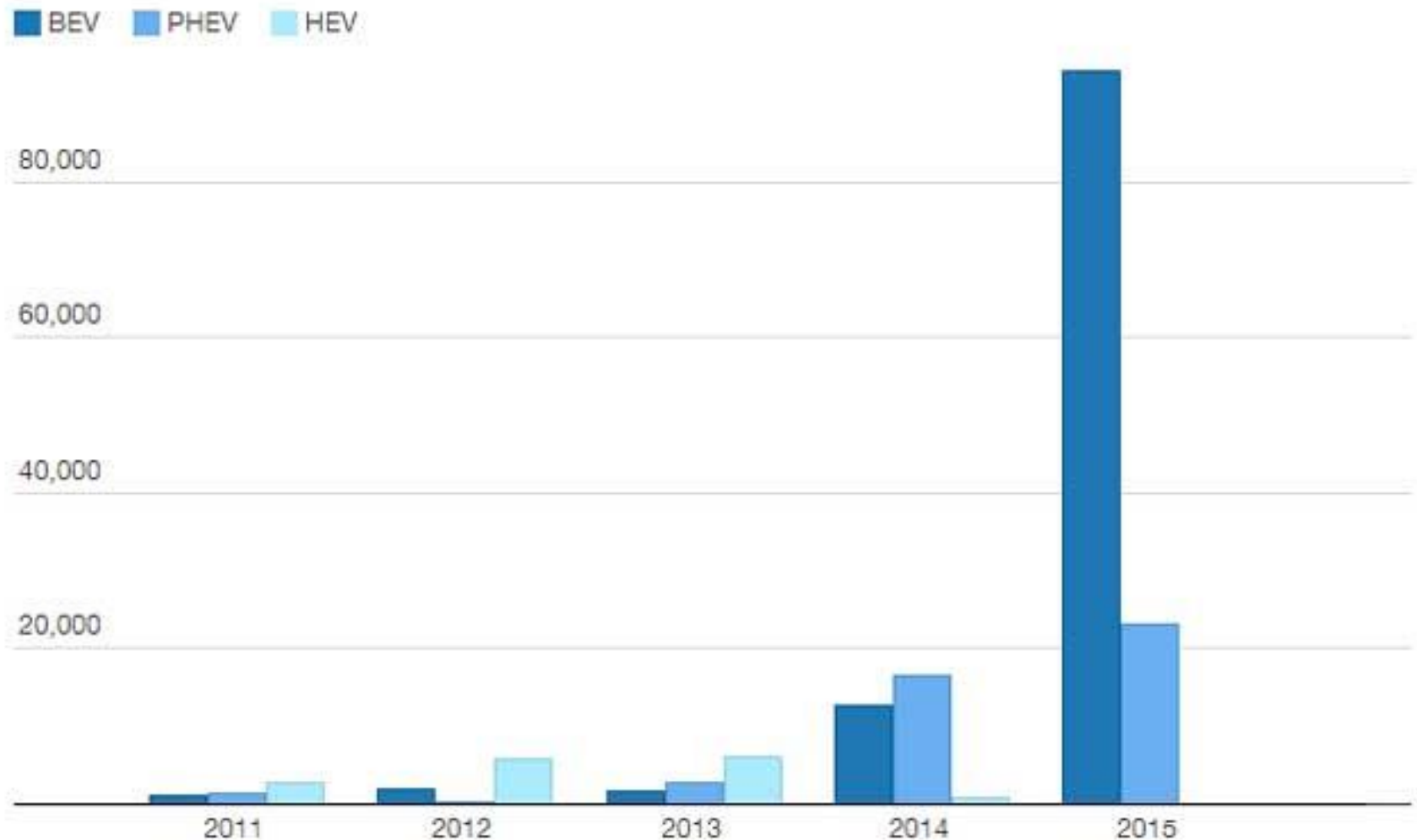
Energía almacenada en MWh

Fuente : GTM Research





INCREMENTOS DE LAS VENTAS ANUALES DE AUTOBUSES ELÉCTRICOS EN CHINA DOMINADO POR LOS BUSES 100 % ELÉCTRICOS (BEV)



GRACIAS

SECTOR RESIDENCIAL, TARIFAS PROMEDIO

> 20 CENTS USD/kWh

INGLATERRA	24.81
NORUEGA	24.51
GUATEMALA	23.86
GUYANA	23.73
GRECIA	23.43
BELICE	22.30
FRANCIA	21.92

> 30 CENTS USD/kWh

HAWAI	38.08
IRLANDA	33.22
ITALIA	31.98
GRANADA	31.74
BÉLGICA	30.6
AUSTRALIA	30

> 25 CENTS USD/kWh

BARBADOS	29.88
PORTUGAL	29.36
ESPAÑA	28.27
SUECIA	28.26
URUGUAY	28.26
AUSTRIA	27.84
HOLANDA	26.46
EL SALVADOR	26.28
BRASIL	26.14
CHILE	26

> 40 CENTS USD/kWh

PUERTO RICO	47.65
DINAMARCA	40.52
ALEMANIA	40.25

GRAN INCENTIVO AL CLIENTE PARA FINANCIAR SU SISTEMA FV

EN AUSTRALIA: alrededor de millón y medio de instalaciones residenciales FV se financian por el propio cliente, que paga a unos 30 cents/USD el kWh por tarifa, el FV puede costarle entre 2 y 3 veces menos.

EN CUBA

kWh / MES	Hasta 100	de 101 a 150	de 151 a 200	de 201 a 250	de 251 a 300
CENTS USD/kWh	0.38	0.67	0.92	1.25	1.59

kWh/ MES	de 301 a 350	de 351 a 500	de 501 a 1000	de 1001 a 5000	> 5000
CENTS USD/kWh	2.25	3.84	6.09	11.25	20.84

O sea, en el sector residencial en Cuba:

2,4 millones de clientes de < 200 kWh/mes consumen un 40% del residencial y pagan

Menos de 1 cents USD/kWh

1.2 millones clientes de 201 a 300 kWh/mes consumen un 46 % del residencial y pagan

Menos de 2 cents USD/kWh

Unos 900 clientes con > 5000 kWh/mes, que pagan unos 21 cents USD/kWh consumen unos 0.2 % de la residencial y un 0,1 % del nacional (16 GWh/año)

Miles de clientes industriales consumen mas de 3000 GWh/año que también pueden instalarse en forma de generación distribuida.

HARDCOST

- **Módulos**
- **Inversores**
- **Cableado:** Cables DC y AC, conectores, cajas de strings
- **Estructura.** Sistemas de montaje, perfiles, fundamentos, materiales para estructuras, inversores y cajas de strings
- **Seguridad.** Cercas, cámaras y sistemas de seguridad, equipamientos de protección y anti incendio.
- **Conexión a la red .** Cables y conectores, switch gears, pizarras de control, transformador, subestaciones.
- **Sistemas de monitoreo y control,** metrología, sensores de irradiación y de temperatura, sistemas de datos.

SOFTCOST

Aplicación de incentivos. Costos relacionados con cumplimiento de los beneficios emanados de las política establecidas

Permisos. Todo tipo de autorizaciones para el desarrollo constructivo, de operación y regulaciones sobre el medio ambiente.

Diseños. Costos sobre concepto y detalles de los diseños. Costos de planificación y documentación. Costos de reconocimientos geológicos y de agrimensura

Adquisición de cliente. Costos de convencimiento al cliente de los proyectos. Costos (de existir) de derechos de proyectos. Pagos por derechos de aprobaciones locales.

Costos financieros. Para el desarrollo, construcción y financiamiento del sistema FV.

Margen. Para la empresa (o empresas) desarrolladoras del proyecto y construcción del sistema FV, incluyendo ganancias, riesgos, finanzas, servicios al cliente, aspectos legales, recursos humanos, rentas, suministros de oficina, gastos de servicios profesionales corporativos y de matriculas de transporte.

SOFTCOST

INSTALACION

Instalación mecánica. Construcción. Accesos. Trincheras para cableado. Instalación y montaje de: estructuras y herrajes, módulos, inversores. Montaje de conexión a red. Transporte de componentes y equipamientos.

Instalación eléctrica. DC (módulos, cableado. AC. De sistemas de monitoreo y control. Mediciones de comprobación.

Inspección. Supervisión constructiva. Inspección de salud y seguridad.