



10º Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 10)

ST-16. Innovación y nuevas tecnologías en ahorro, eficiencia energética y energías renovables

Presente y futuro de la energía solar fotovoltaica

Gabriel Sala

Instituto de Energía Solar- Universidad Politécnica de Madrid



24 de noviembre de 2010



IES: 1979-2009
30 años desarrollando
la E.S. Fotovoltaica

Presente y Futuro de la Energía Solar Fotovoltaica

Gabriel Sala
Instituto de Energía Solar
Universidad Politécnica de Madrid

Madrid, 22-26 Noviembre 2010





IES:1979-2009

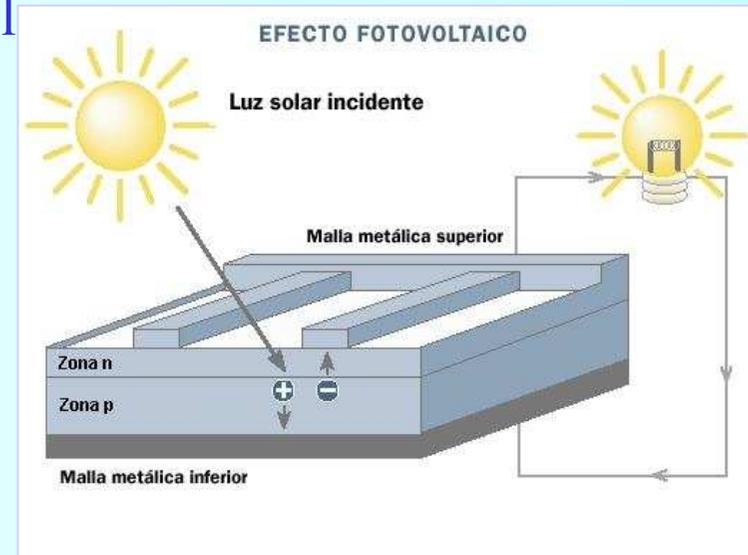
La energía solar fotovoltaica y la célula solar

Genera electricidad directamente, sin partes móviles ni procesos intermedios. Muy modular : 1W a MW.

Las células solares son los dispositivos que realizan la conversión.

- La célula Fotovoltaica es un dispositivo electrónico semiconductor el que se produce el **efecto fotovoltaico**
- Sus electrones absorben los fotones de la luz aumentando su energía y manteniéndose en el estado “alto” un cierto tiempo.
- Para que este tiempo sea suficiente los materiales deben ser muy puros y estructuralmente perfectos:
- El FV es aun caro, pero va serlo siempre?

Soluciones **Mejoras a corto en curva de aprendizaje**
Trayendo nuevos efectos físicos al FV





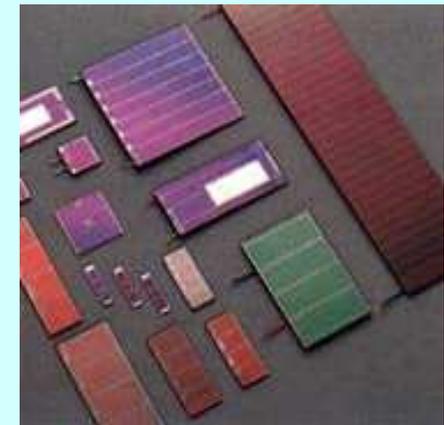
IES:1979-2009

Tecnologías actuales y emergentes

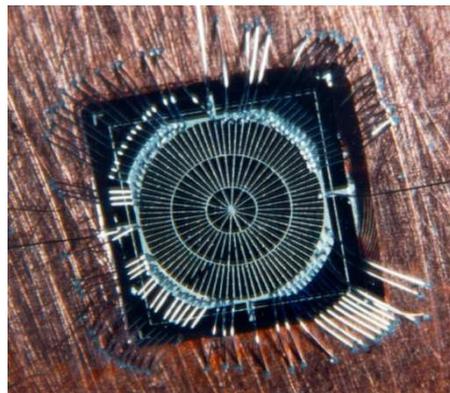


Silicio Monocristalino
 $\eta = 13-17\%$
45% del Mercado

Silicio Amorfo
 $\eta = 7\%$
7% del Mercado

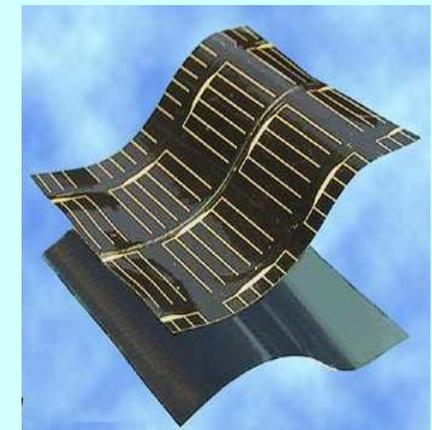


Silicio Multicristalino
 $\eta = 11-14\%$
45% del Mercado



III-V Multiunión en CPV
 $\eta = 27\%$ con células del 40%
0.04 % del Mercado

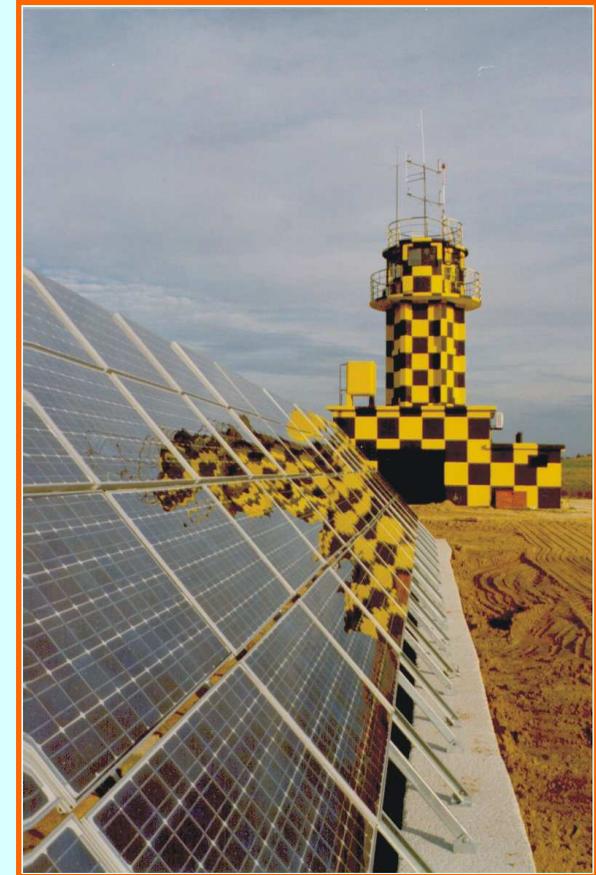
Thin Films (CIGS, CIS, CdTe)
 $\eta = 3-10\%$
2% del Mercado



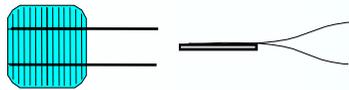


IES:1979-2009

Fabricación de módulos



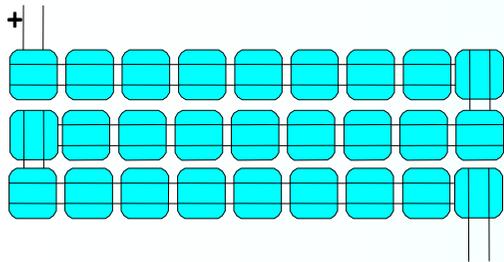
tabs



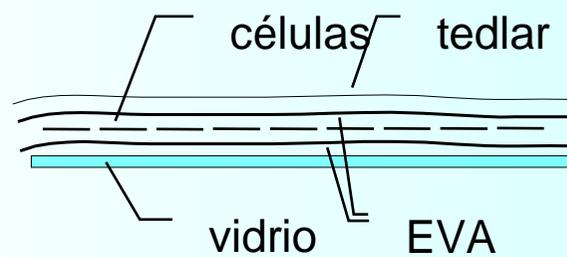
strings



Interconexión del módulo



laminado

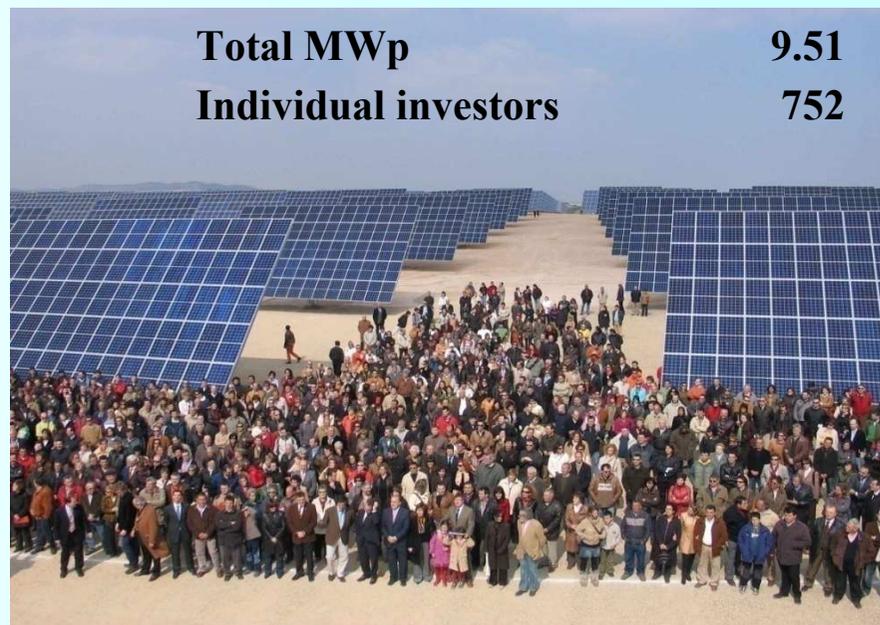




IES:1979-2009

Sistemas FV conectados a la red: renovable, simplicidad y negocio social

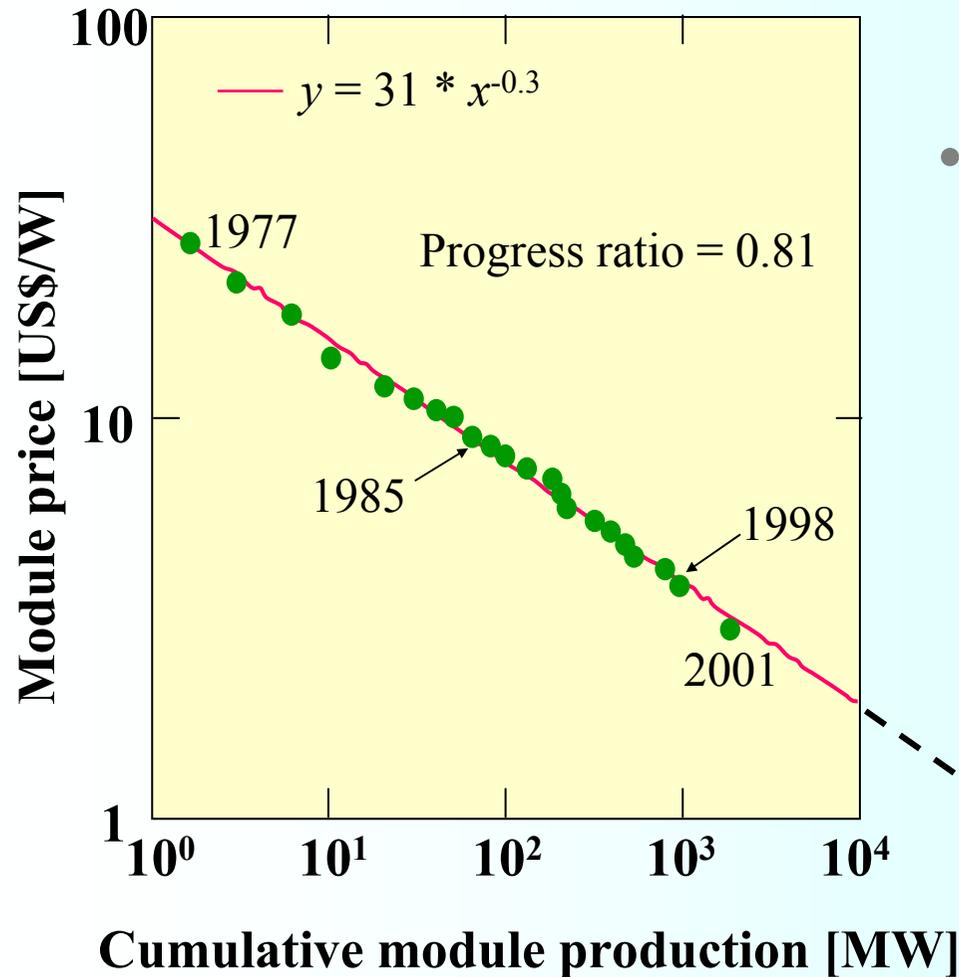
- Modalidad causante del crecimiento del FV en Europa y en España
- La idea es que cada uno de nosotros puede ser generador de energía eléctrica en su casa, en su parcela o a través de una asociación en una planta FV relativamente grande si no se tiene espacio en casa.
- Y cobramos por la energía “verde” producida





IES:1979-2009

Curva de aprendizaje de la tecnología de Silicio FV actual



- Coeficientes de la curva de aprendizaje:
 - FV 19% (demasiado bajo)
 - Memorias semiconductor 32%
- 10^5 (100GW)
>>(200B€)
- >> 0.7 % World PIB)



IES:1979-2009

Renovalia: Planta de 47MW, Puertollano

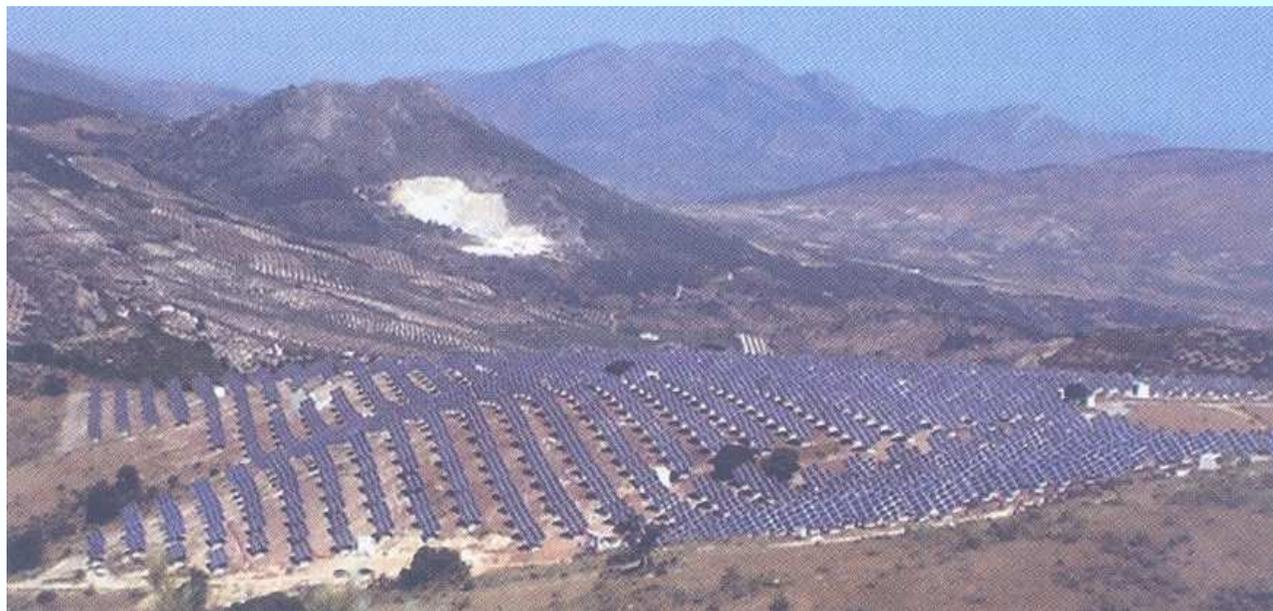


G. Sala - CONAMA 10, 22-26 Nov 2010, Madrid



IES:1979-2009

Parque Solar en Jaén, España



Situación: Jaén , España

Seguidores	906	Potencia	2.1 Mwp
Módulos	10600	Producción	4000000kWh/año
Area	150000 m ²	Fecha finalización	Julio 2008



IES:1979-2009

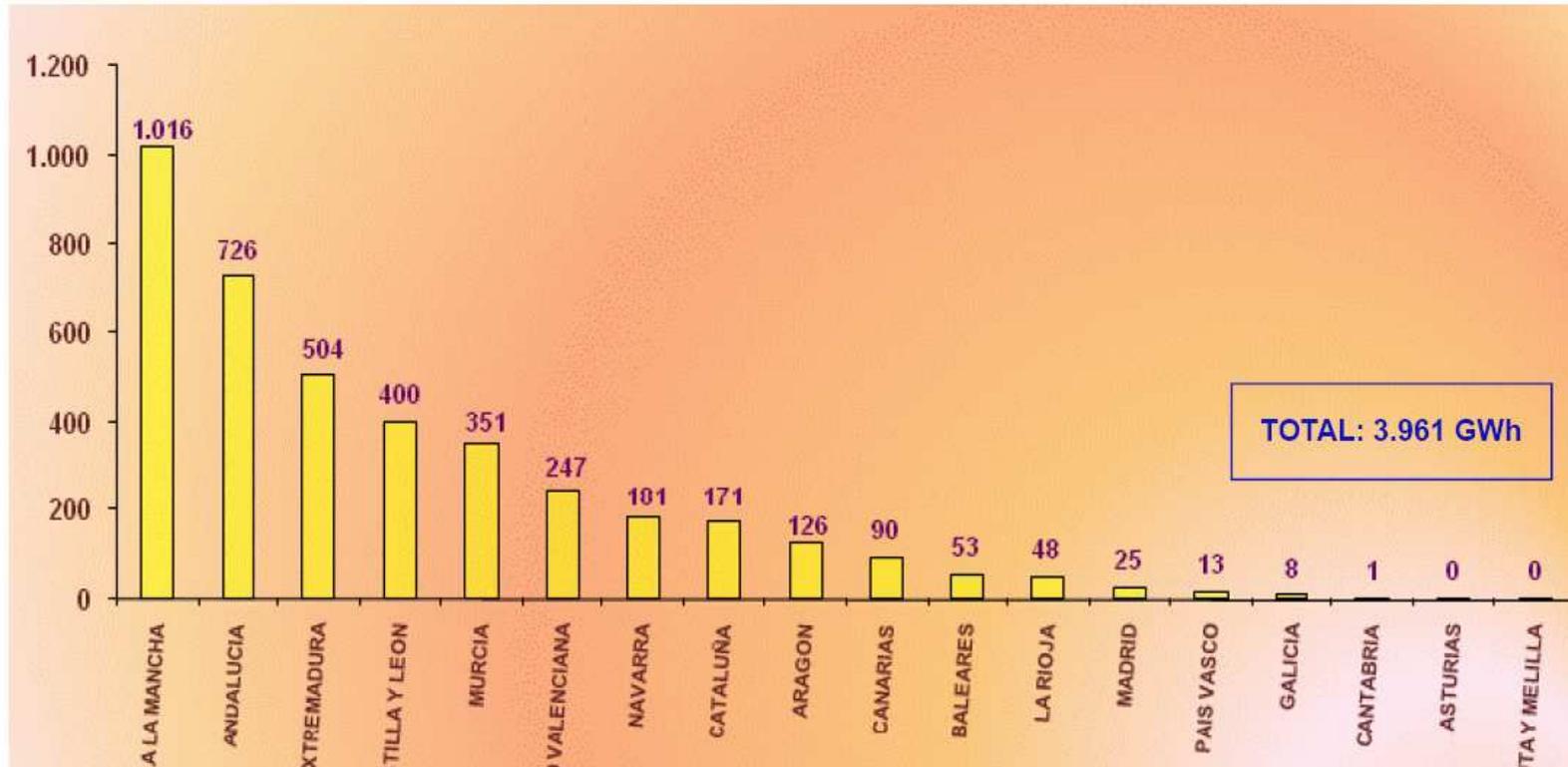
Sistemas de seguimiento de un solo eje optimizados para máxima producción de energía





IES:1979-2009

Energía Vendida fotovoltaica (GWh) (por CCAA, datos a agosto - 2009)

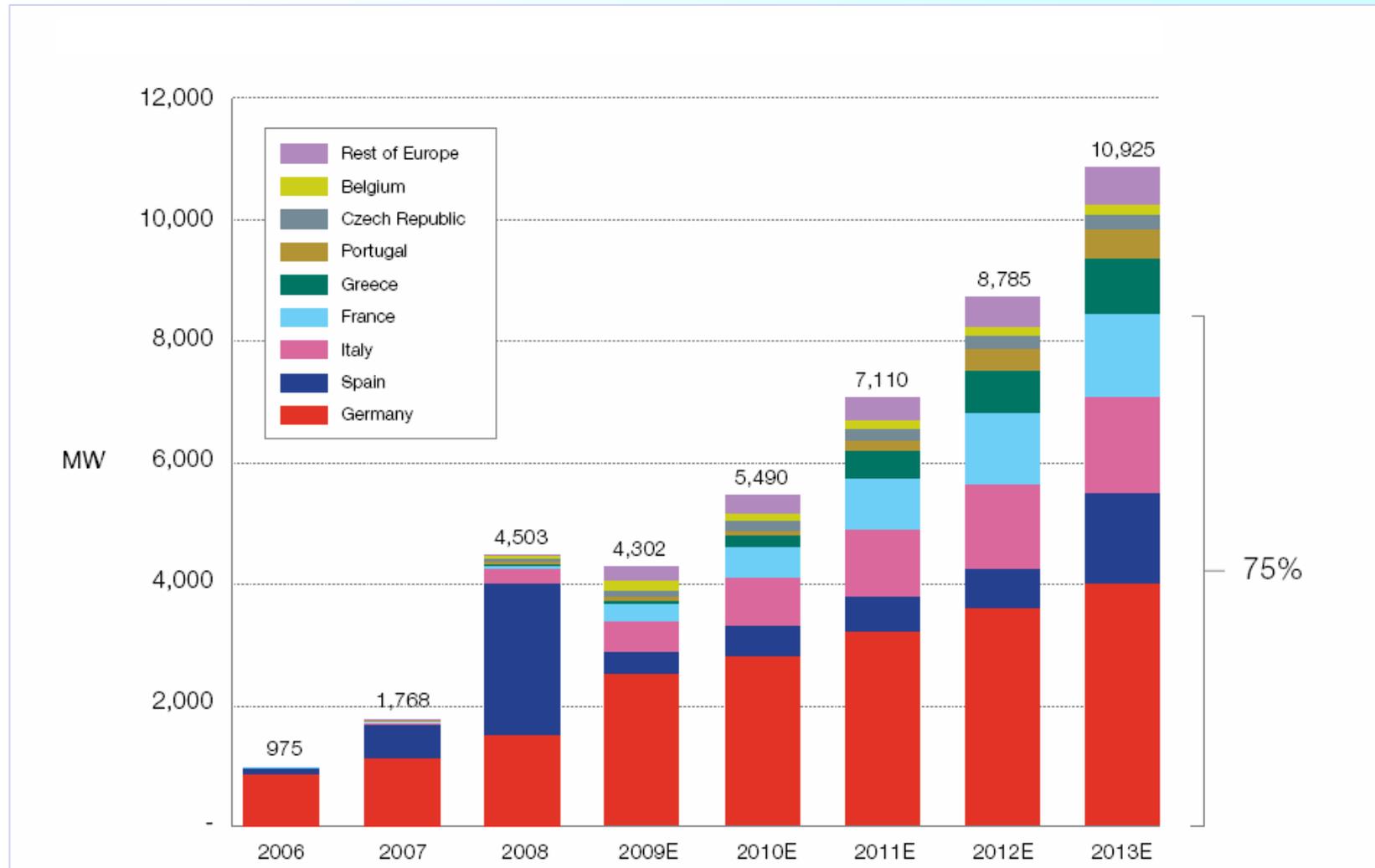


- En 2003, la central de *Garoña* produjo 3.739 GWh ...



IES:1979-2009

Mercado Europea hasta 2013 con ayuda pública

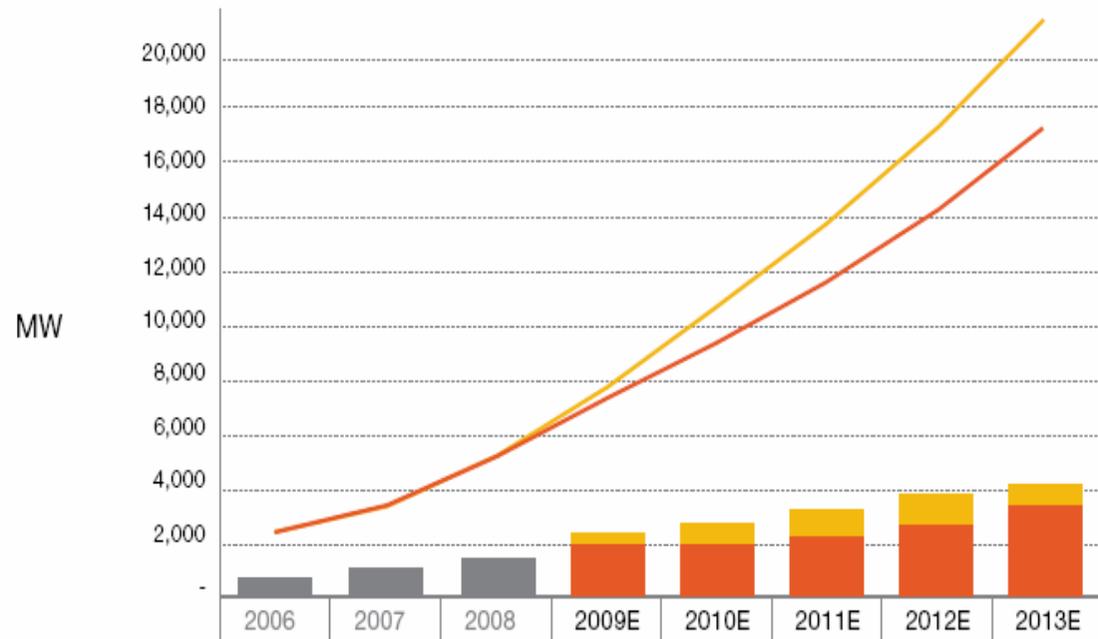




IES:1979-2009

Evolución en Alemania

Voluntad popular alta



		2006	2007	2008	2009E	2010E	2011E	2012E	2013E
Annual market (MW)	Moderate scenario				2,000	2,000	2,300	2,600	3,000
	Policy-Driven scenario				2,500	2,800	3,200	3,600	4,000
Projected cumulative PV power installed (MW)	Moderate scenario	2,708	3,808	5,308	7,308	9,308	11,608	14,208	17,208
	Policy-Driven scenario	2,708	3,808	5,308	7,808	10,608	13,808	17,408	21,408

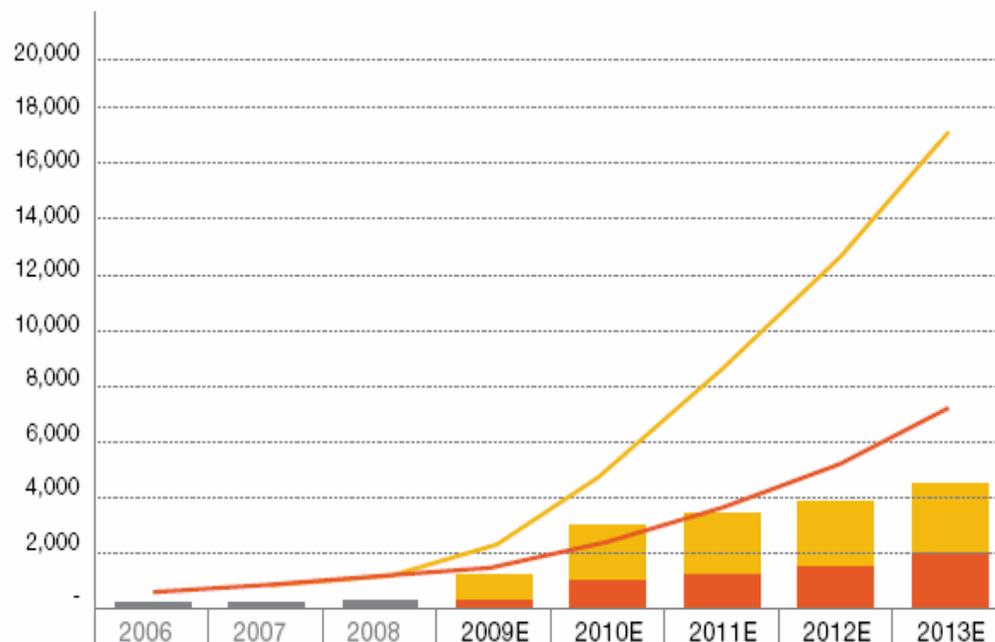


IES:1979-2009

Evolución en USA

**Acción pública
muy
importante**

MW



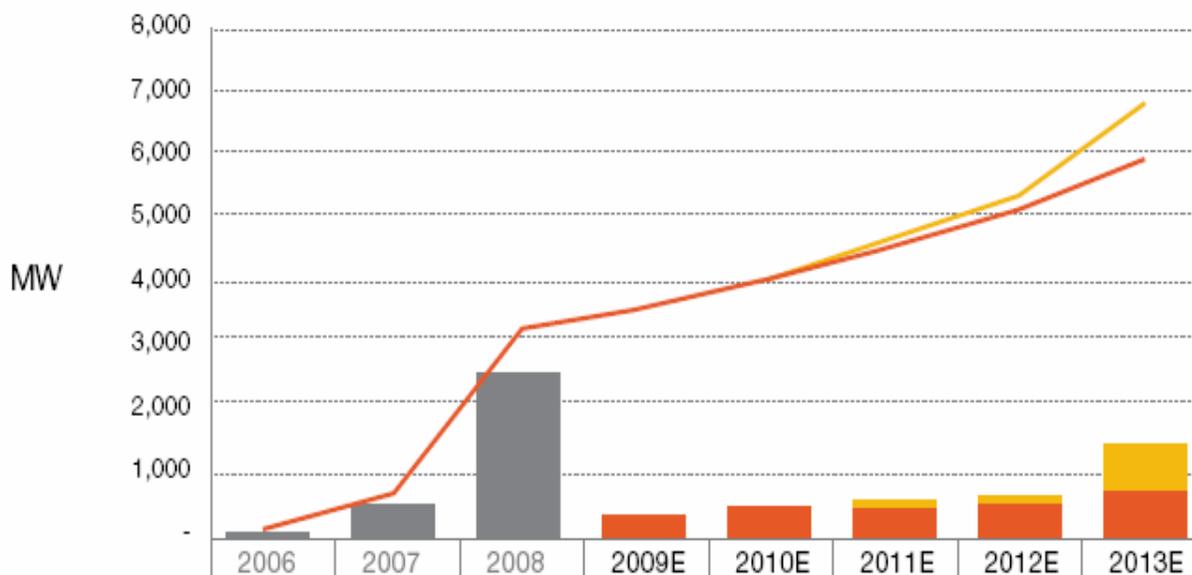
Annual market (MW)	Moderate scenario	145	207	342	340	1,000	1,200	1,500	2,000
	Policy-Driven scenario				1,200	3,000	3,400	3,900	4,500
Projected cumulative PV power installed (MW)	Moderate scenario	624	831	1,173	1,513	2,513	3,713	5,213	7,213
	Policy-Driven scenario				2,373	5,373	8,773	12,673	17,173



IES:1979-2009

Evolución en España

Futura acción pública pequeña, caída abrupta,

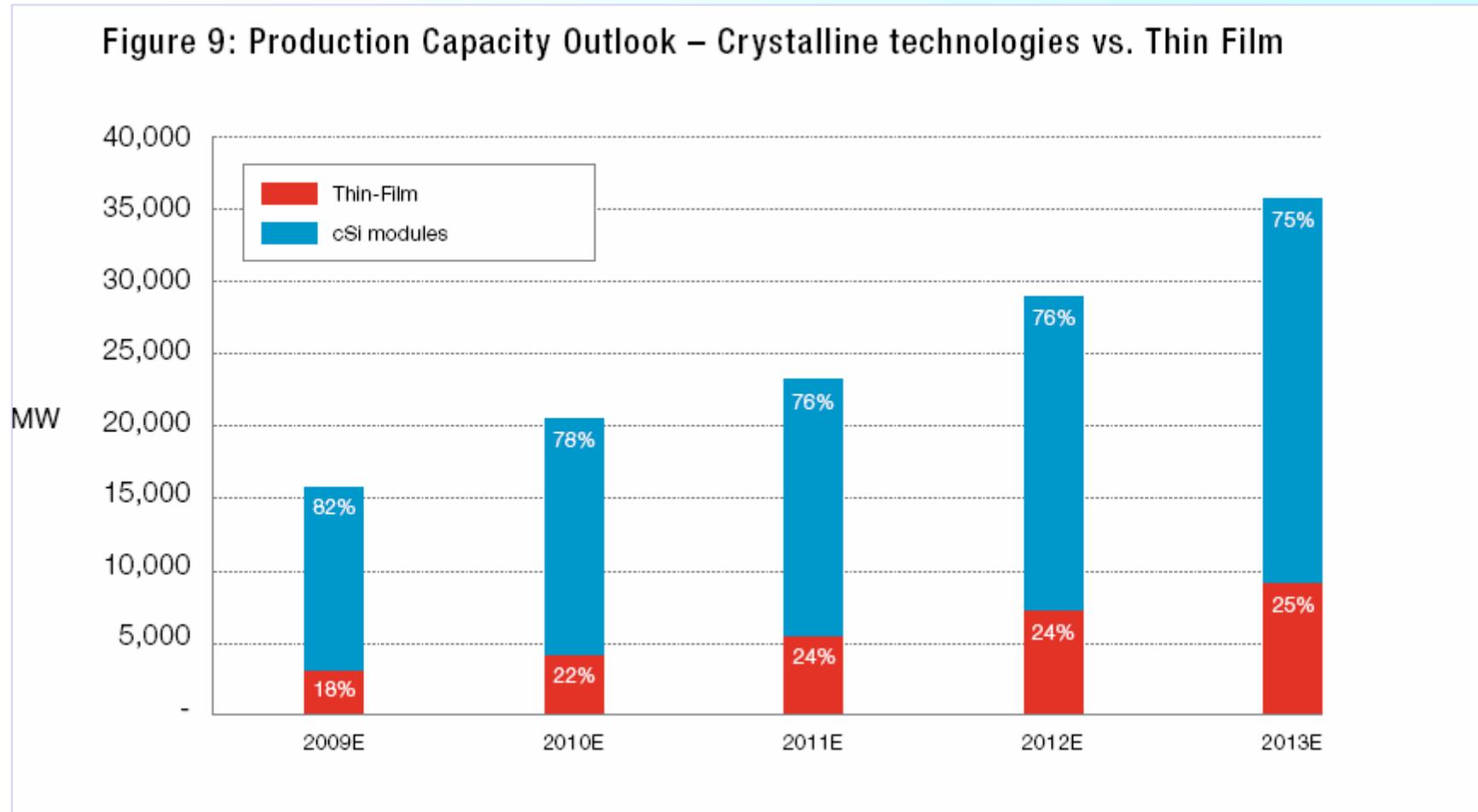


Annual market (MW)	Moderate scenario	88	560	2,511	375	500	500	550	800
	Policy-Driven scenario				375	500	600	650	1,500
Projected cumulative PV power installed (MW)	Moderate scenario	151	712	3,223	3,598	4,098	4,598	5,148	5,948
	Policy-Driven scenario				3,598	4,098	4,698	5,348	6,848



IES:1979-2009

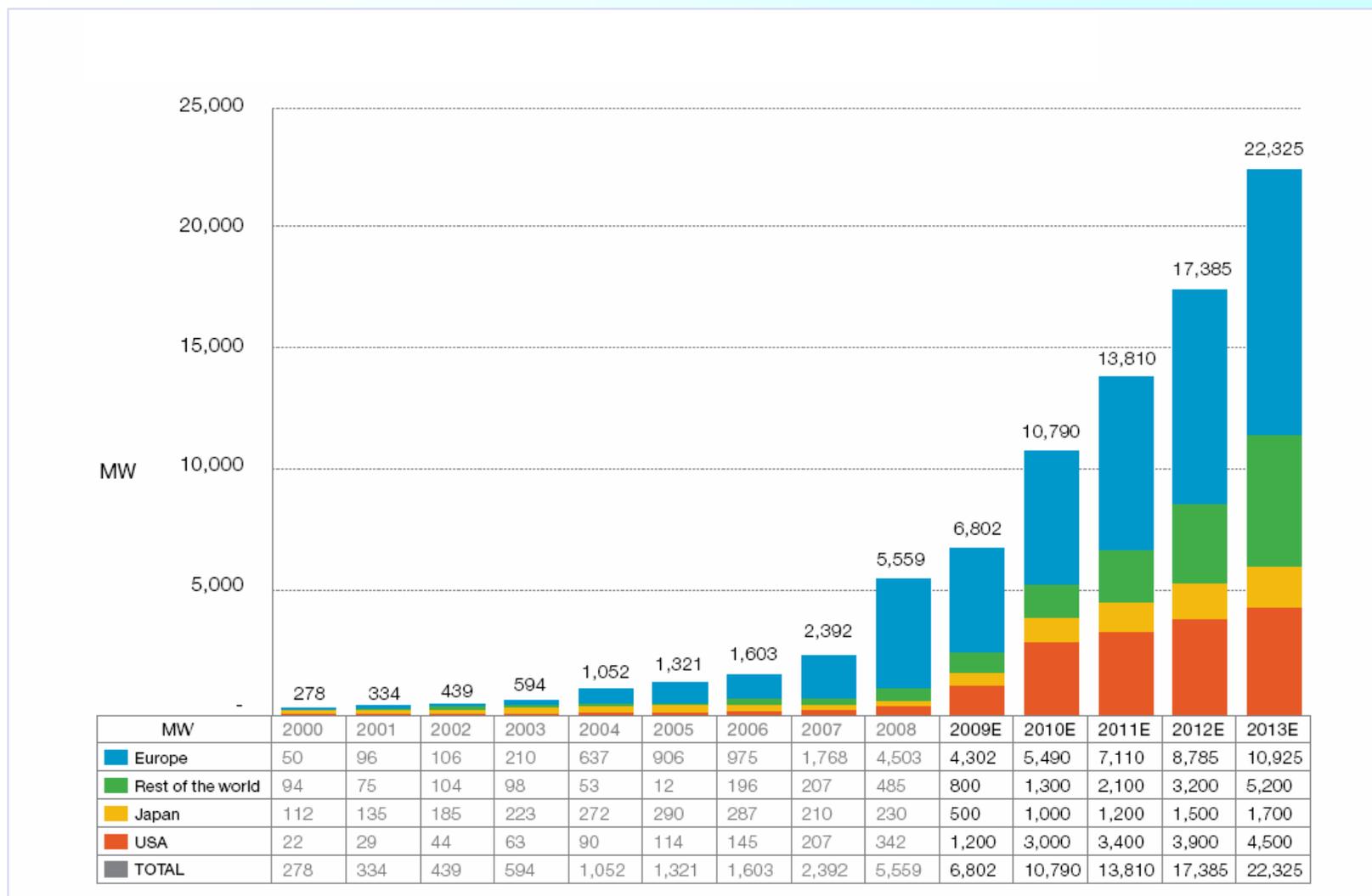
Capacidad Productiva mundial: Si vs. Capa delgada





IES:1979-2009

Mercado mundial total y por regiones

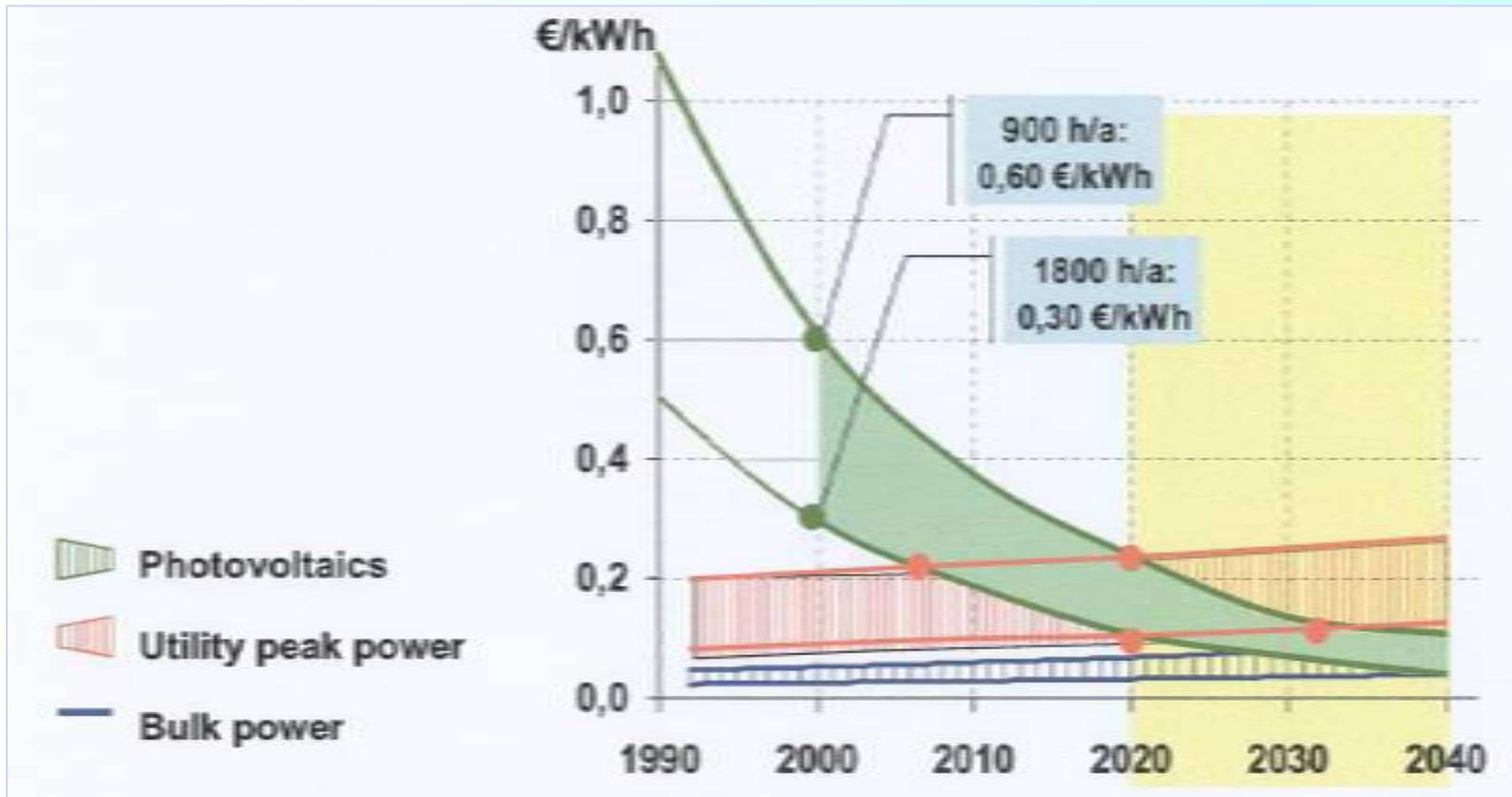




IES:1979-2009

Competitividad FV: 2010 - 2030

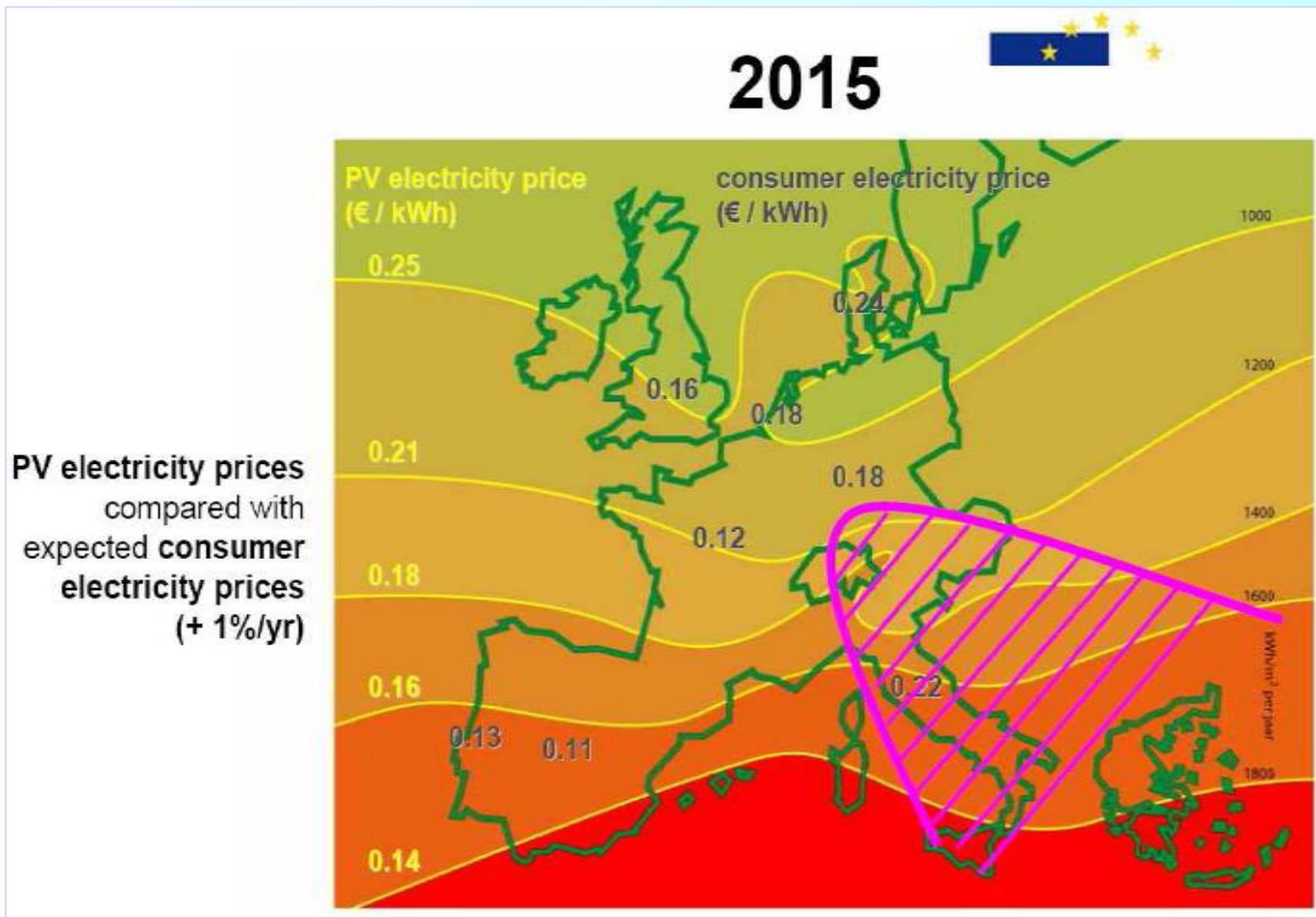
Evolución del precio de kWh FV en relación al kWh (punta y base) de las redes eléctricas





IES:1979-2009

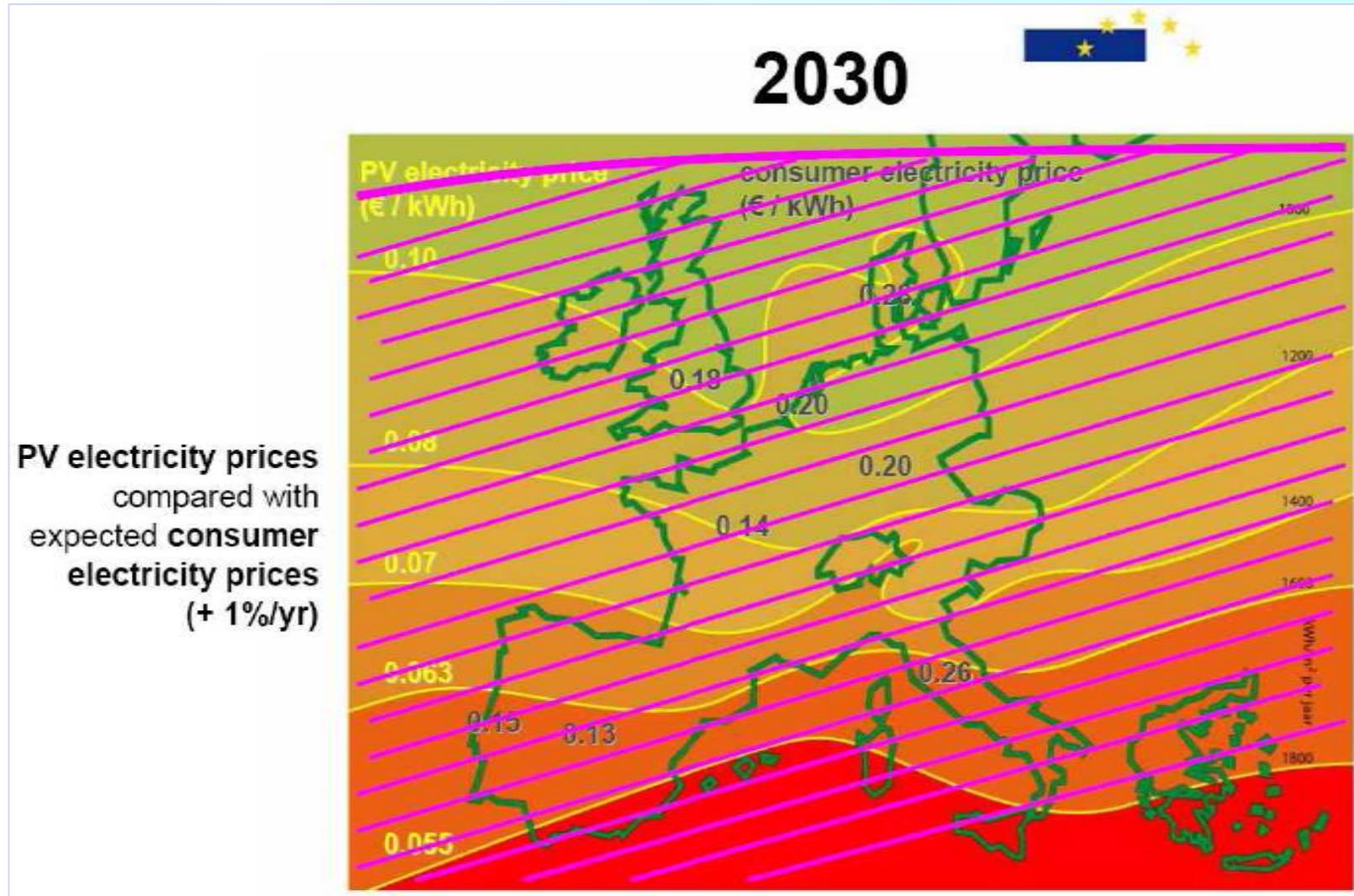
Evolución de la Competitividad de la ESF por zonas en Europa





IES:1979-2009

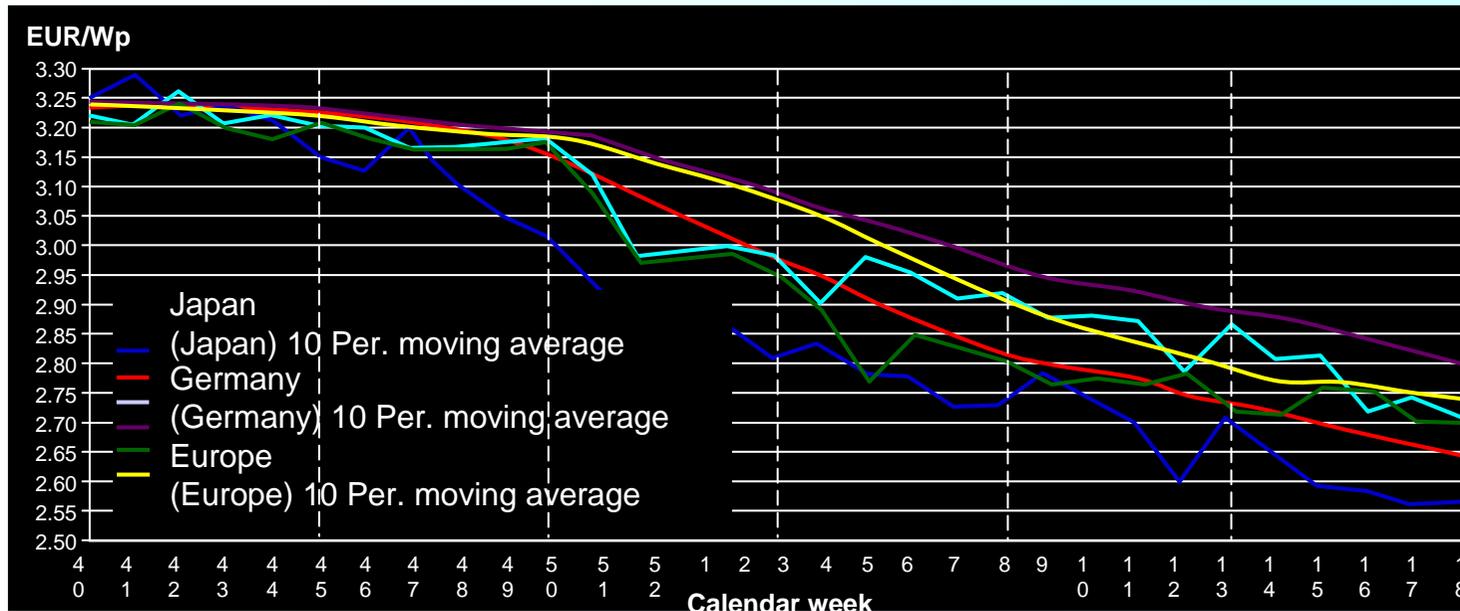
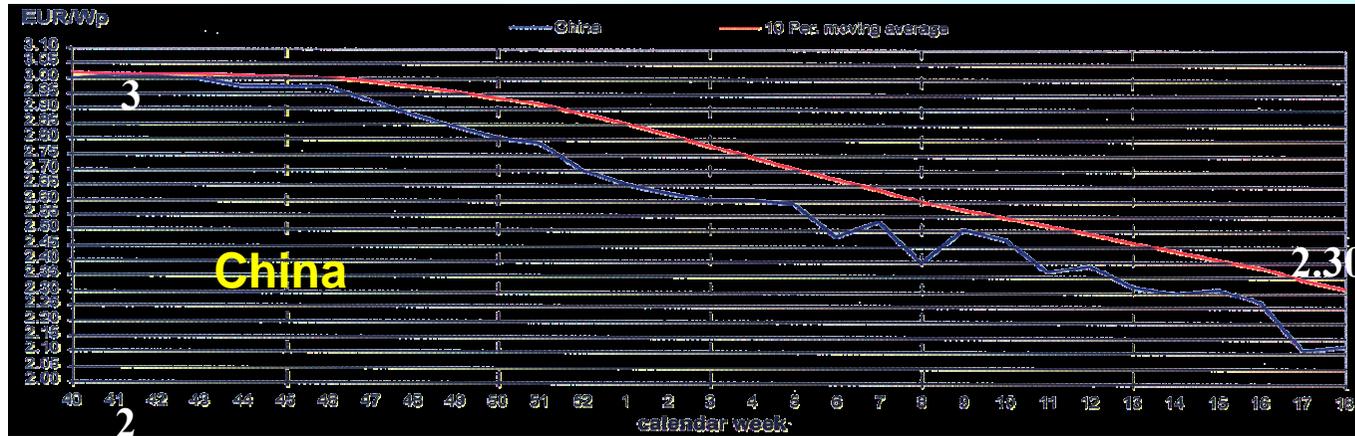
Evolución de la Competitividad de la ESF por zonas en Europa





Evolución de los precios de mercado de módulos FV desde Oct. 2008 a abril 2009 (en EUR/Wp)

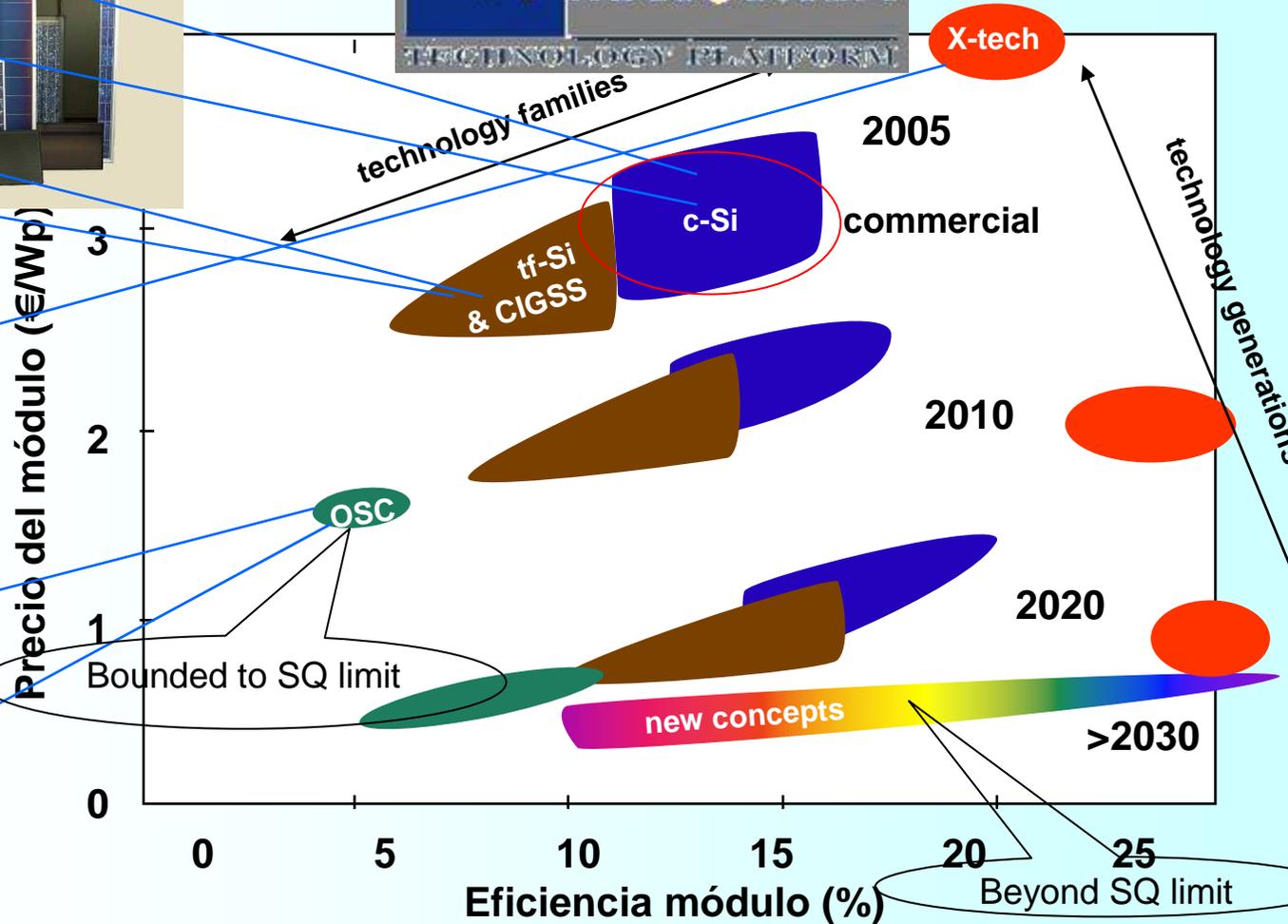
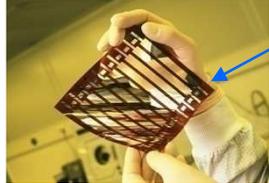
IES:1979-2009





IES-1979-2009

Multiplicidad de tecnologías en FV

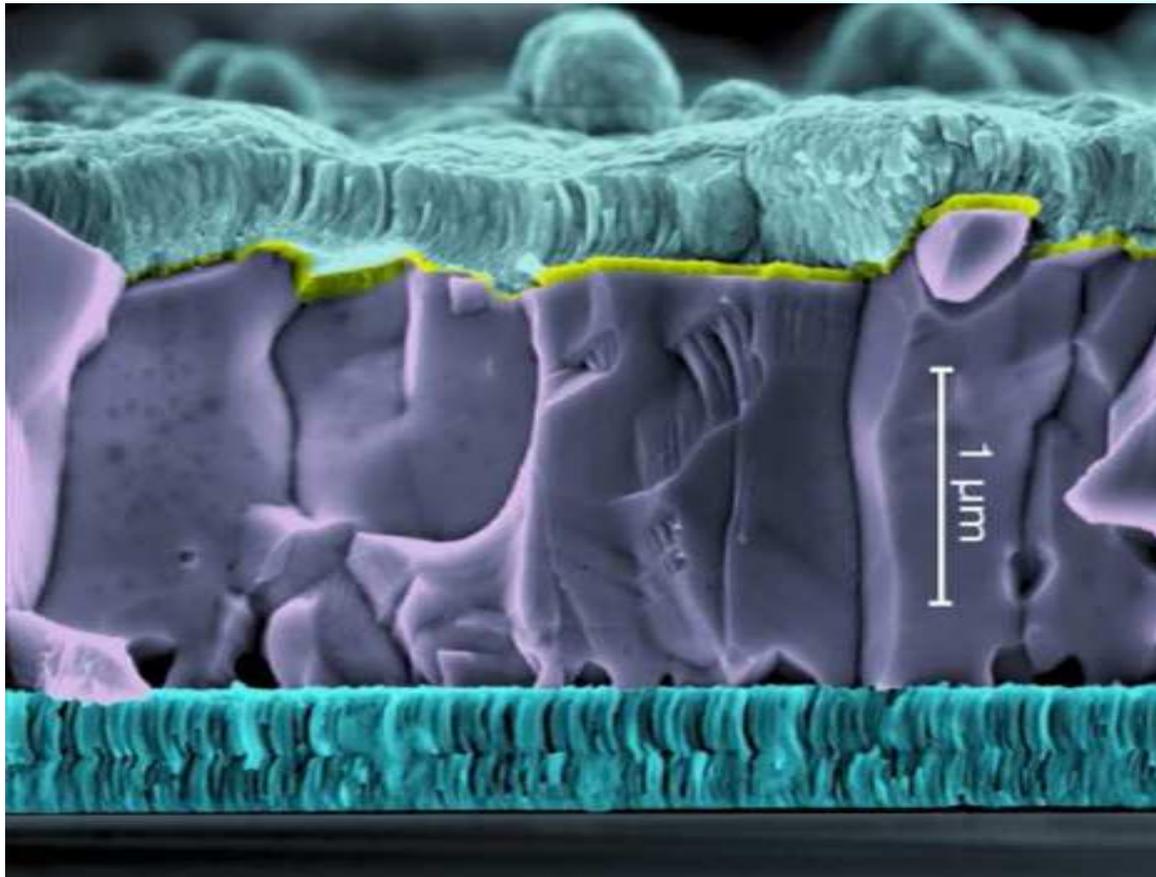


tf-Si = thin-film silicon
 CIGSS = copper-indium/gallium-selenium/sulfur
 c-Si = wafer-type crystalline silicon
 X-tech = concentrator technology
 OSC = "organic" solar cells
 new concepts = advanced versions of existing technologies & new conversion principles



IES:1979-2009

CIGS Thin Film PV cell



TCO/ZnO

Absorber/CIGS

Back contact/Mo
Substrate/glass

SEM picture of cross section of PV cell
Picture: ZSW



IES:1979-2009

Fachada Solar, módulos CIS, 85 kWP, Shell-Solar (AVANCIS)



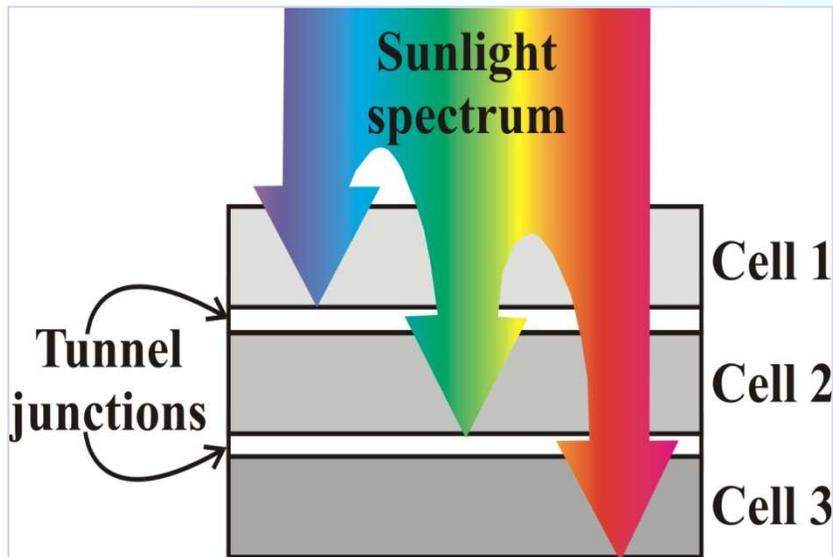
G. Sala - CONAMA 10, 22-26 Nov 2010, Madrid



IES:1979-2009

Células solares multiunión: Un gran avance

- **41,7 % alcanzado in Lab.
Con células MJ
metamórficas
(Límite teórico: 87%)
En un sistema real: 28%**



• Una célula solar multiunión es una pila de células solares de una sola banda. La célula “1” situada encima tiene la banda más ancha de todas ellas. El resto de las células están ordenadas por ancho de banda decreciente. Cada una de ellas absorbe aquellos fotones cuya energía está en el margen de su ancho de banda y la célula que está enfrente.

Combina filtrado y generación!



IES:1979-2009

CPV comercial : Guascor Fotón, Concentrix



Prototipo de Guascor
en UPM



Planta 0.9 MW
Guascor Fotón



Concetrrix con
celulas III-V
multi-uni3n,
Modulo 27%

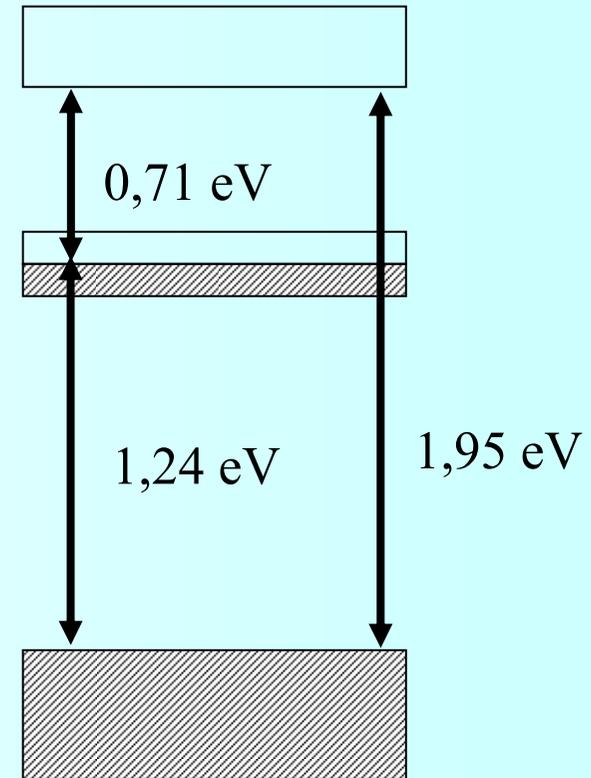
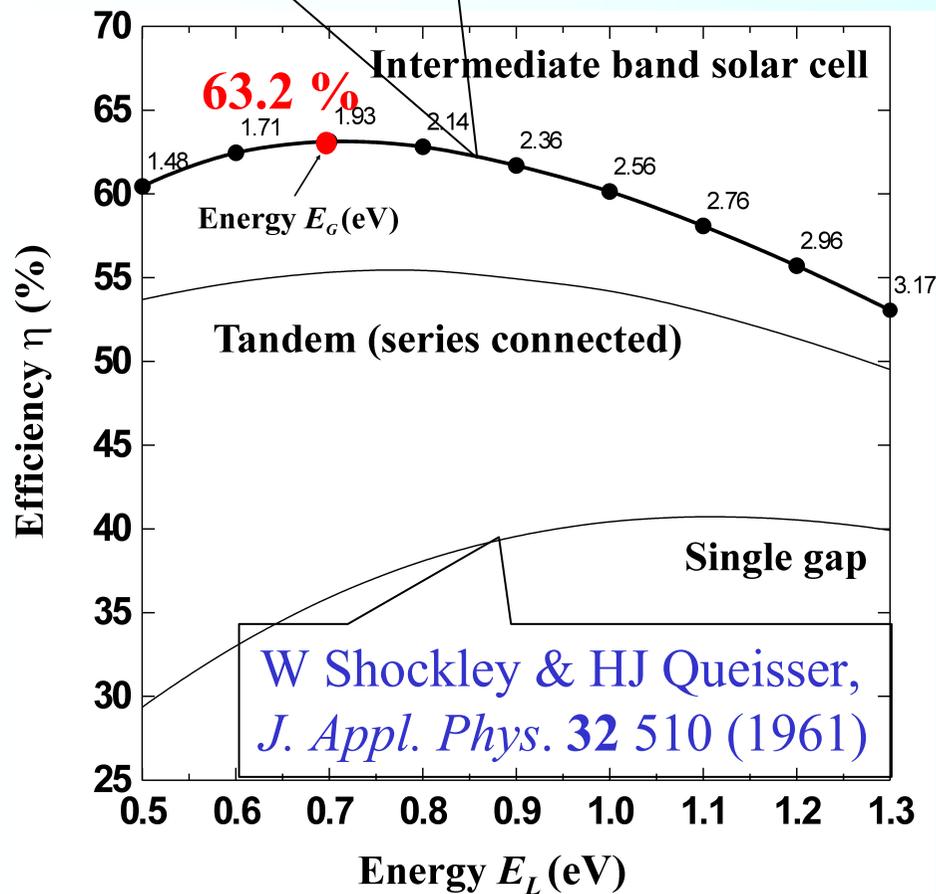
- Hay un mercado natural (9 MW) en Espa1a
- suministrado por Guascor Fot3n con
- Silicio de alta eficiencia (25 %) a 300X



IES:1979-2009

Células de banda intermedia

A. Luque & A. Martí, *Phys. Rev. Lett.* **78** 5014 (1997)





IES:1979-2009

El Futuro en España: Coste social de la tarifa especial

- Ayer en el BOE: de 0,32€/kW.h se pasa a **17,6 €/kW.h**
- **Difícilmente rentable si no se reduce el papeleo, que representa un tercio del coste y se permite la instalación el suelo, la mas barata.**
- Creciendo a 500 GW/año con 10% reducción : coste en 10 años : 700M€ /año = 0,05% PIB **NO SE HA DECIDIDO ASI**
- Se habría desarrollado una nueva fuente competitiva, autónoma, limpia, etc. **YA NO**
- España podría seguir colocada en la revolución sostenible, si se suavizan las restricciones administrativas a las Instalaciones FV.



IES:1979-2009

Conclusiones

- FV se está convirtiendo en una rama industrial muy importante. En el siglo XXI será una fuente importante en % de electricidad.
- Está muy cerca la revolución en la estructura de la industria de purificación del silicio
- El silicio quizás será la tecnología dominante para la transición desde tarifas subvencionadas a tarifas de red.
- En el mercado completo de electricidad aparecerán nuevas tecnologías: Los concentradores serán probablemente necesarios con células multiunión y nuevos conceptos de alta eficiencia



Gracias por su atención !

www.ies.upm.es

EUCLIDES –THERMIE CPV Power Plant (1998)

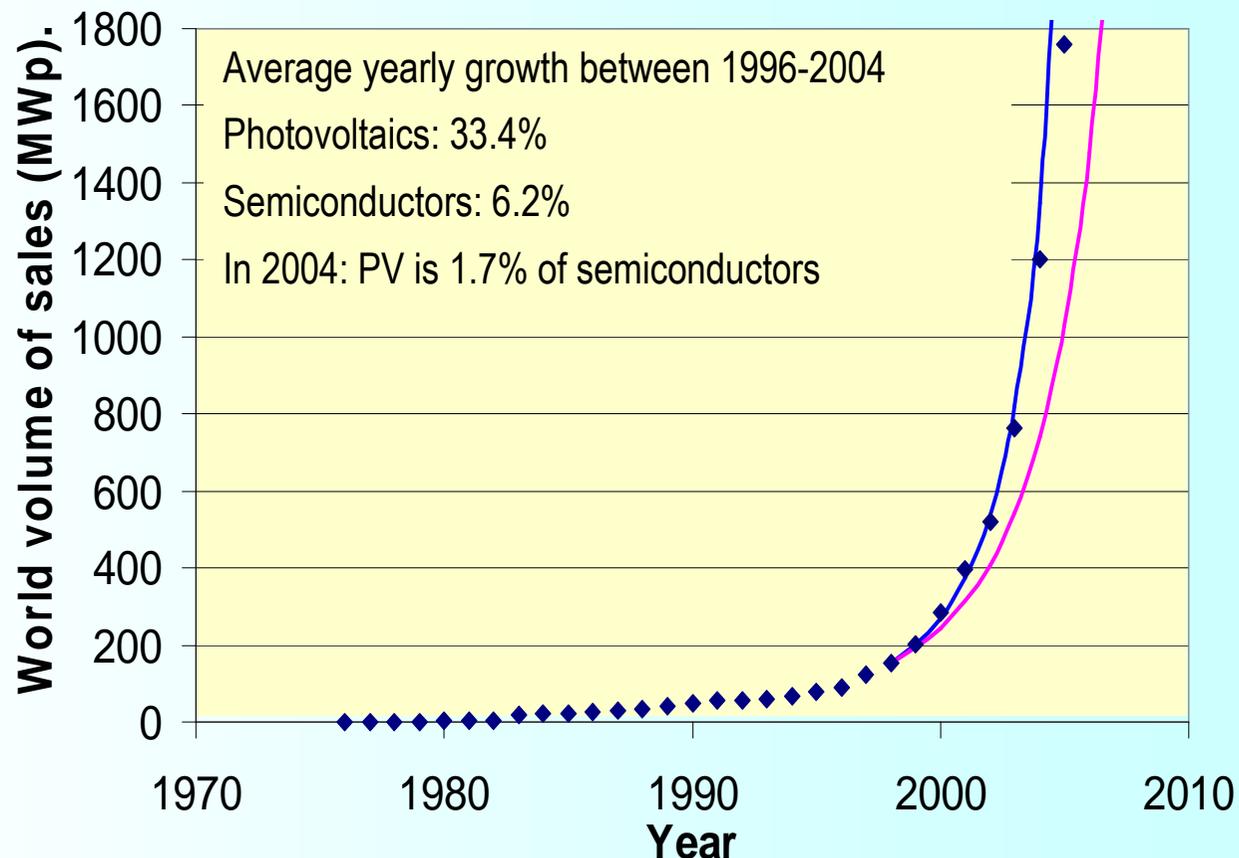


IES:1979-2009

Los mercados fotovoltaicos crecen explosivamente

Dots: several sources: mainly Paul Maycock, *PV news* years successive and *Photon International*, March 2004

Lines: high and low forecasts in the model of A. Luque *Progress in Photovoltaics* 9 (2001) 303



Previsión: FV suministrará un % importante de la energía a mediados del siglo XXI