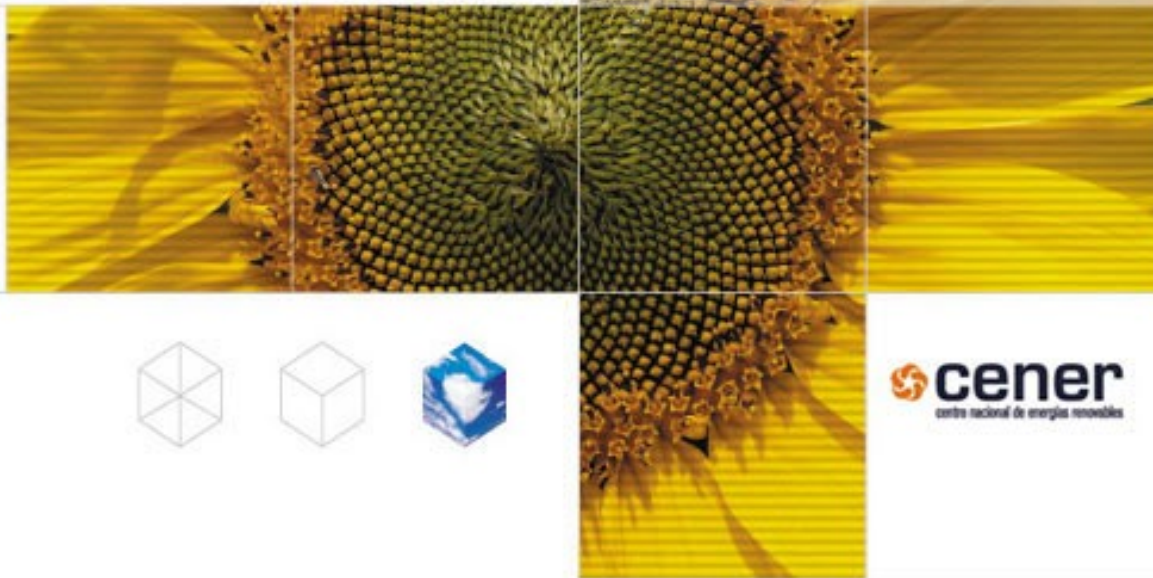


El Futuro de la Energía Solar Fotovoltaica

solar Energía fotovoltaica

José María Román

Jefe de Servicio

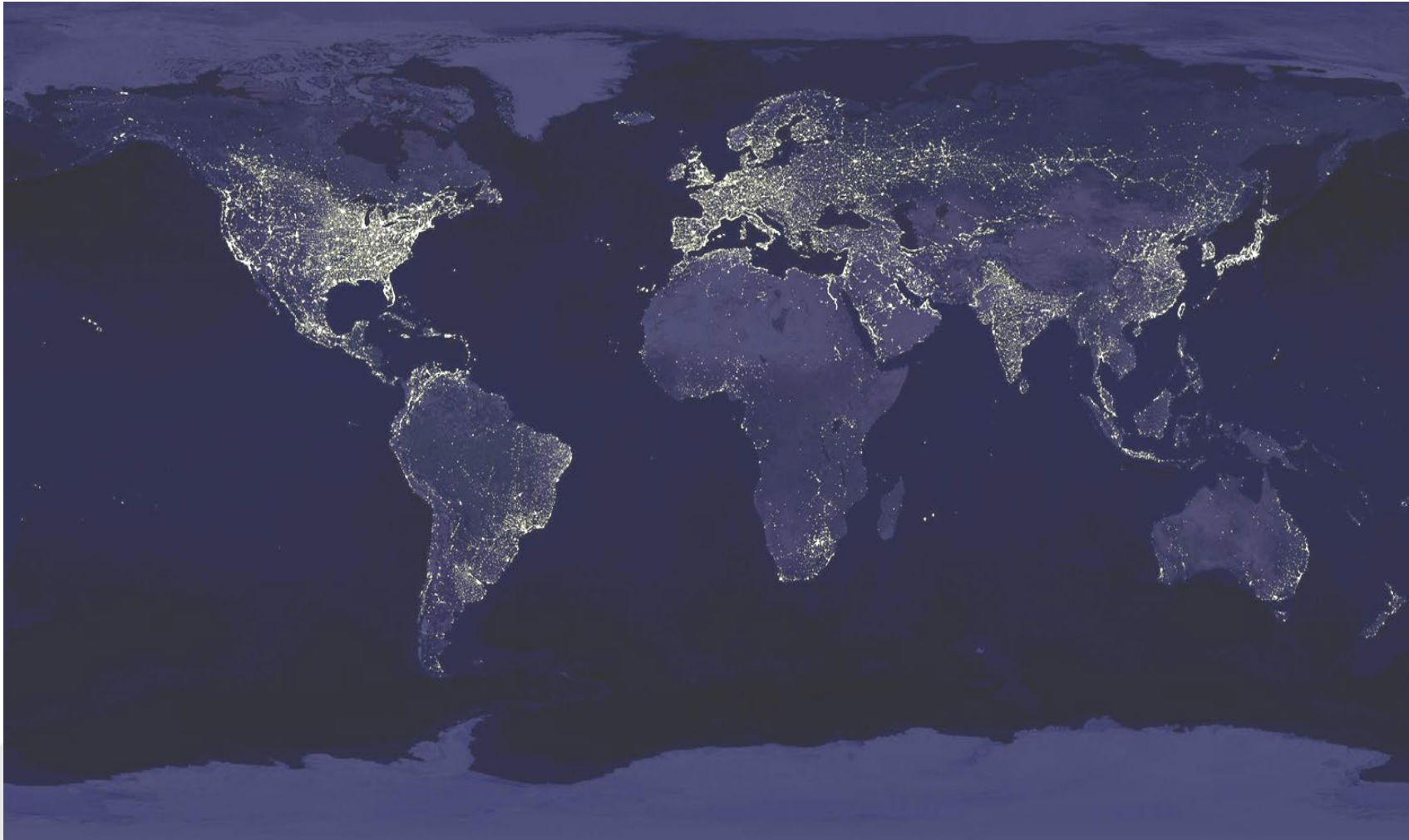


11 Mayo 2006



- ⚙ Radiación solar
- ⚙ Sistemas de conversión Fotovoltaica
- ⚙ Situación actual
- ⚙ Tendencias de futuro
- ⚙ Tecnologías de conversión Fotovoltaica
 - ❑ Tecnologías de obleas de silicio
 - ❑ Células de lámina delgada
 - ❑ Sistemas de concentración
 - ❑ Tecnologías emergentes
- ⚙ Integración en edificios (BIPV)
- ⚙ Conclusiones

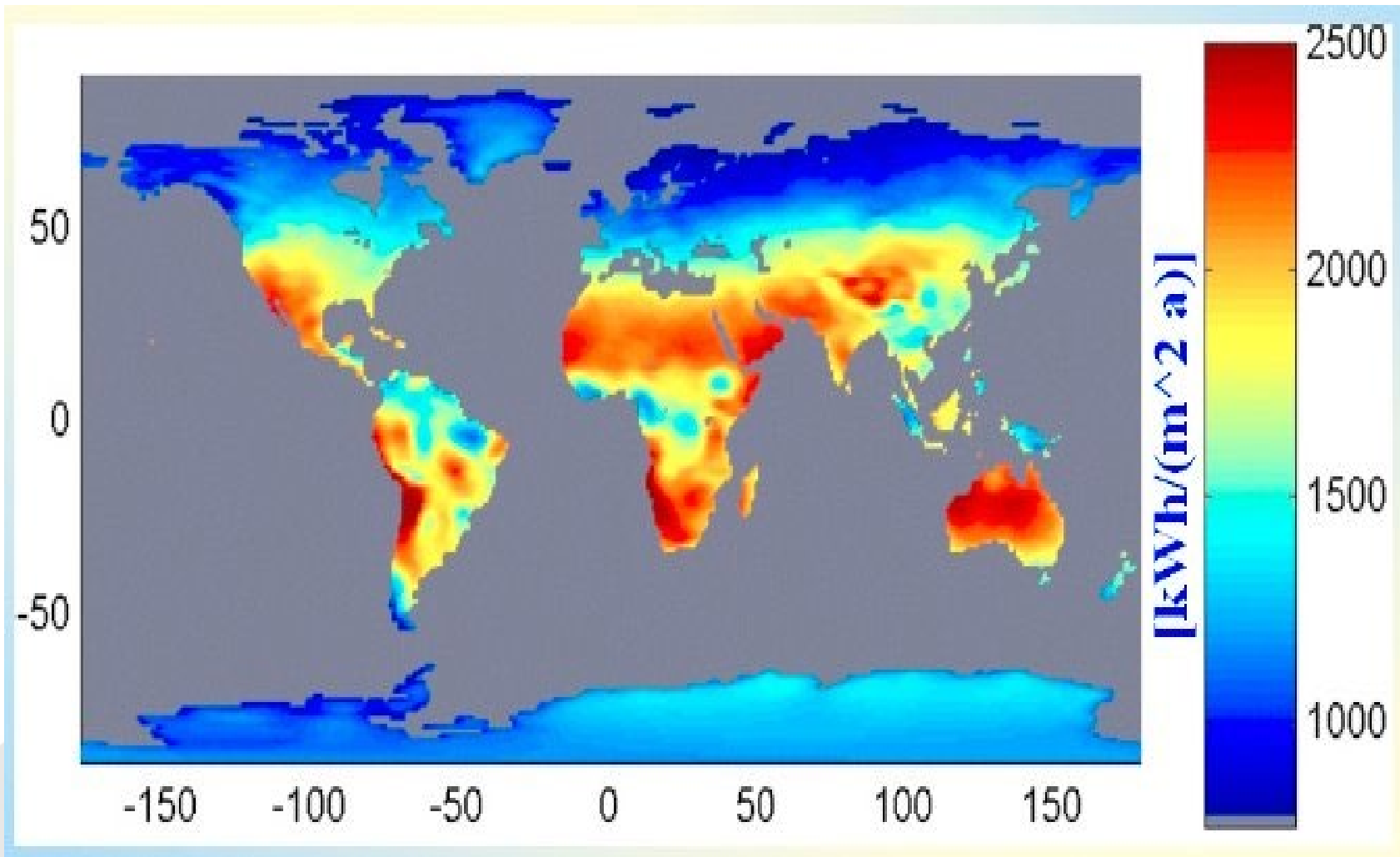




Fuente: PV-TRAC (European Commission) Michele Pappalardo

Energía solar fotovoltaica



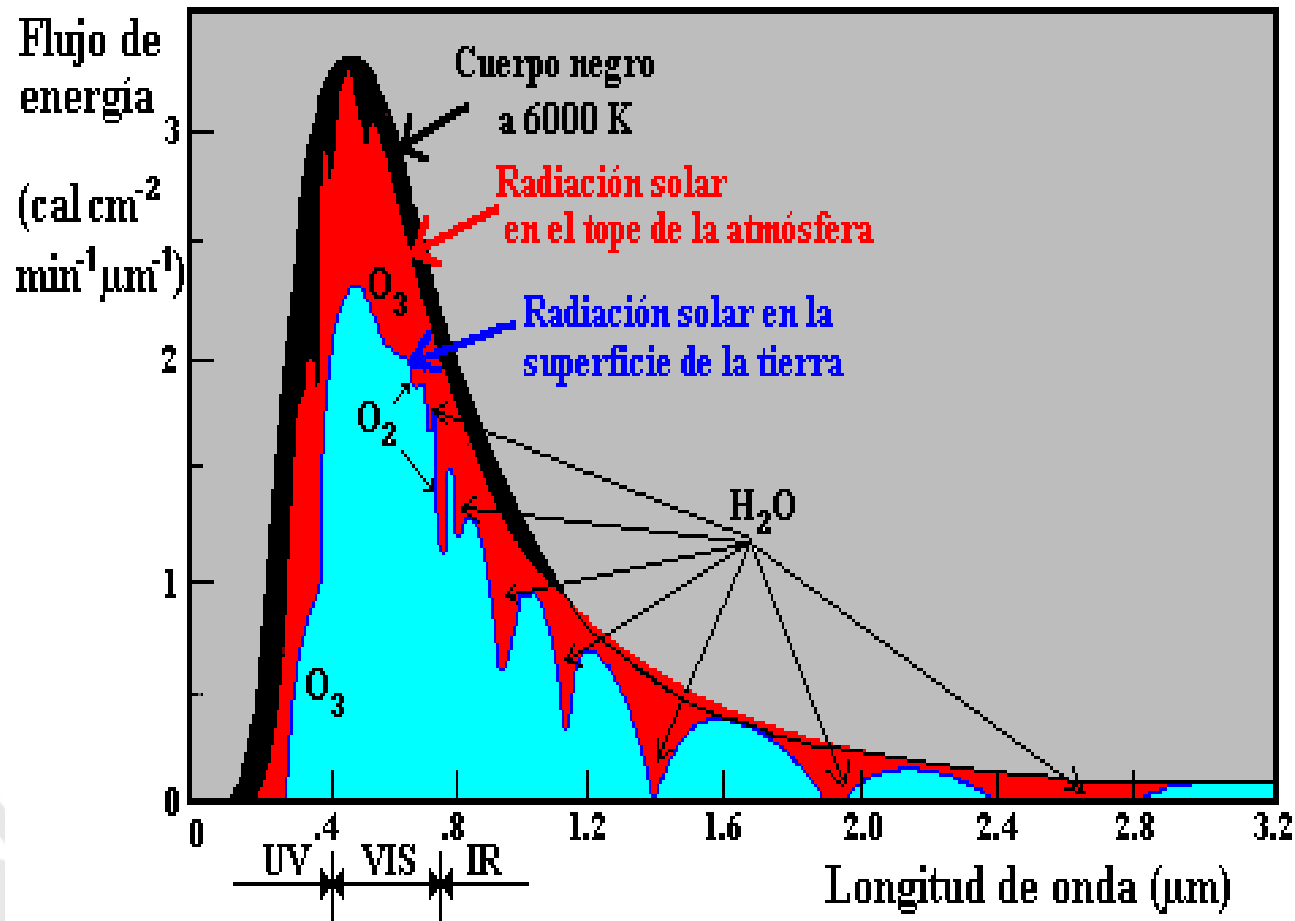


Fuente: PV-TRAC (European Commission) Michele Pappalardo





Espectro solar

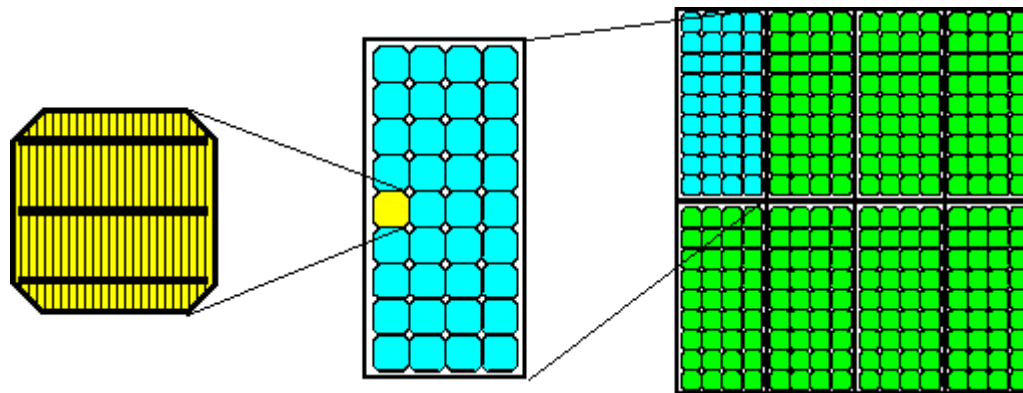




☼ Células Fotovoltaicas

☼ Módulos Fotovoltaicos

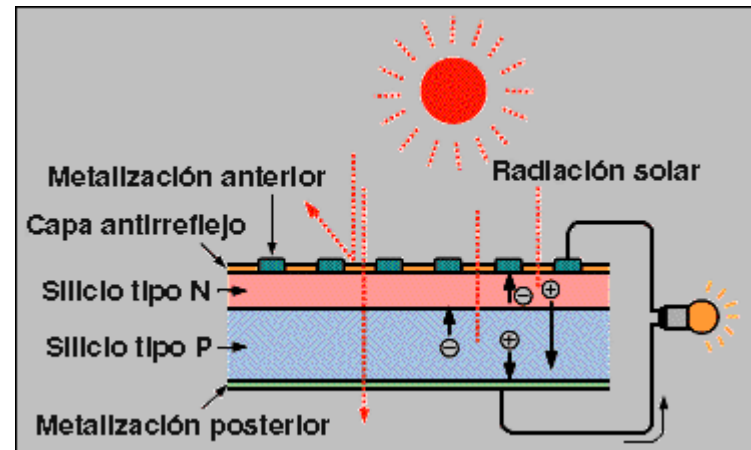
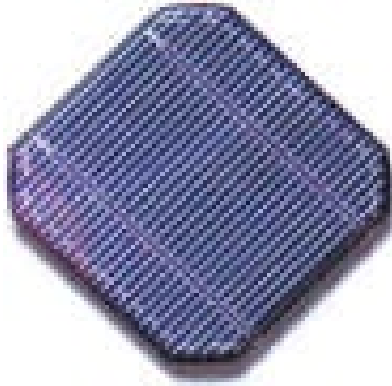
☼ Sistemas Fotovoltaicos





☼ Células Fotovoltaicas

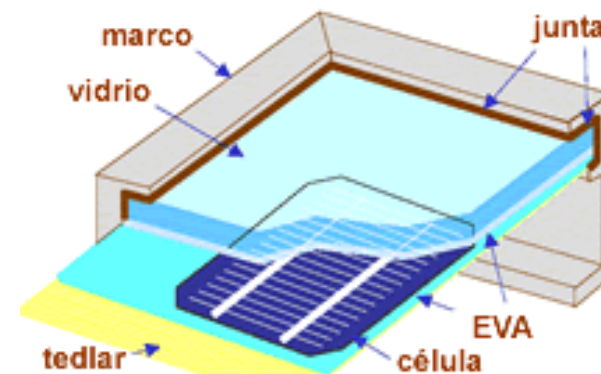
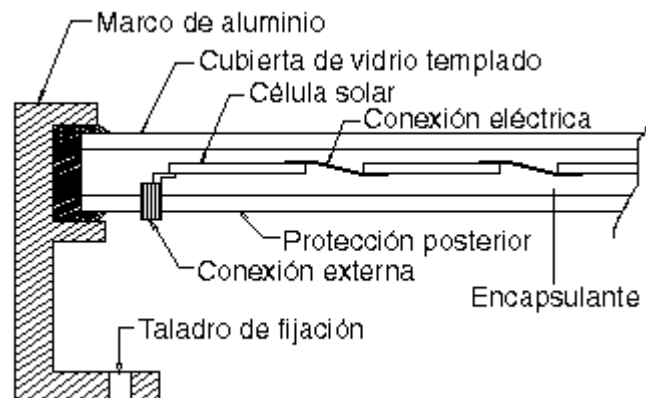
- ❑ Convierten la luz directamente en electricidad
- ❑ Formadas por silicio o compuestos de elementos III-V (multi-junctions), II-VI (lámina delgada), así como sustancias orgánicas.
- ❑ Generan corriente y voltage





🌀 Módulos Fotovoltaicos

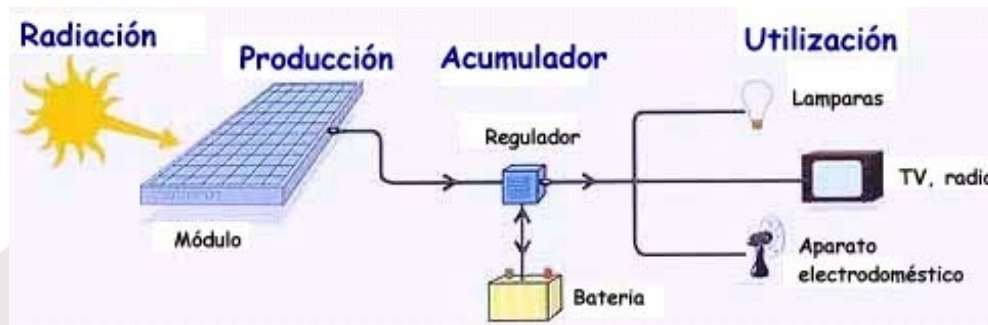
- ❑ Interconexión eléctrica de las células para formar cadenas (serie/paralelo) para aumentar la corriente y voltaje generados por las células individuales
- ❑ Encapsulado de las cadenas de células para la protección de las células y conexiones



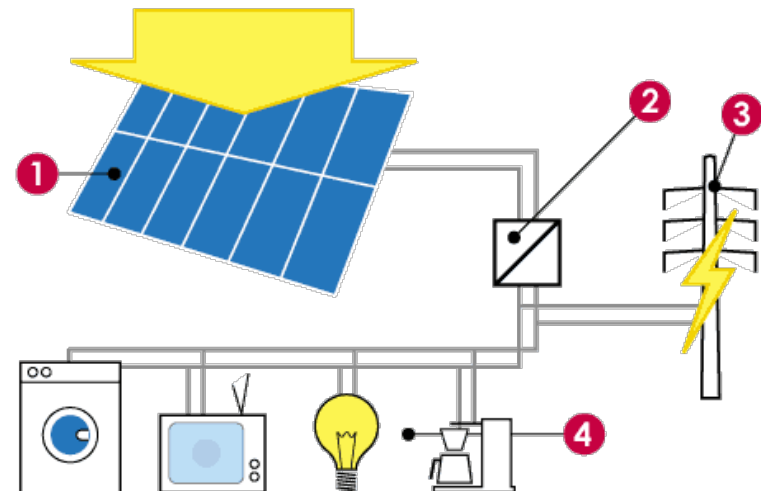


☼ Sistemas Fotovoltaicos

- ❑ Interconexión eléctrica de módulos fotovoltaicos (serie/paralelo)
- ❑ Balance del sistema (BOS)
 - ↘ Cableado
 - ↘ Regulador de carga
 - ↘ Sistema de acumulación: Batería
 - ↘ Inversor DC/AC



Sistema FV aislado de corriente continua

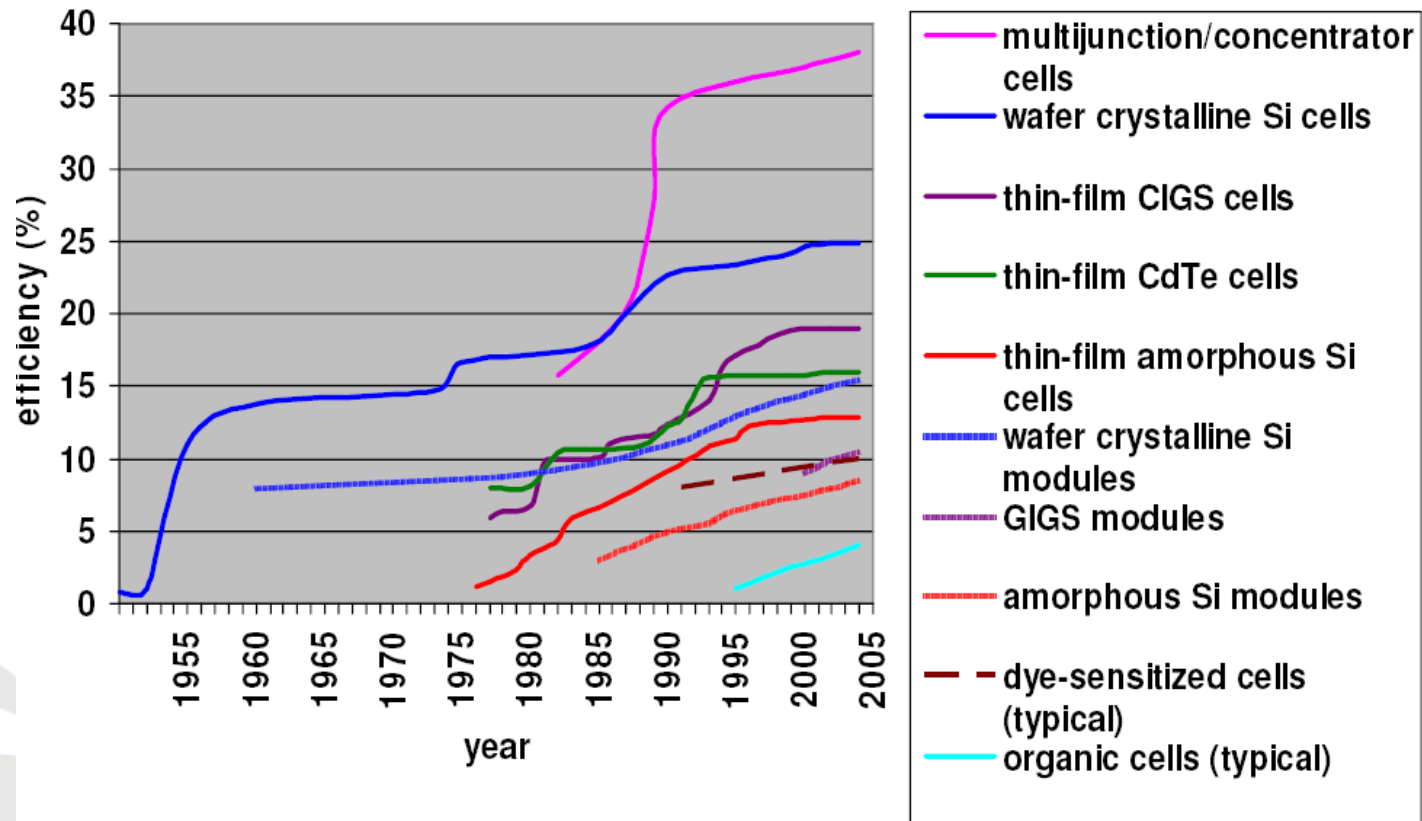


Sistema FV conectado a red





- En los años 50 los Bell Telephone Laboratories desarrollaron las primeras células de silicio cristalino, para aplicaciones espaciales
- La eficiencia ha crecido desde entonces (10-20%)



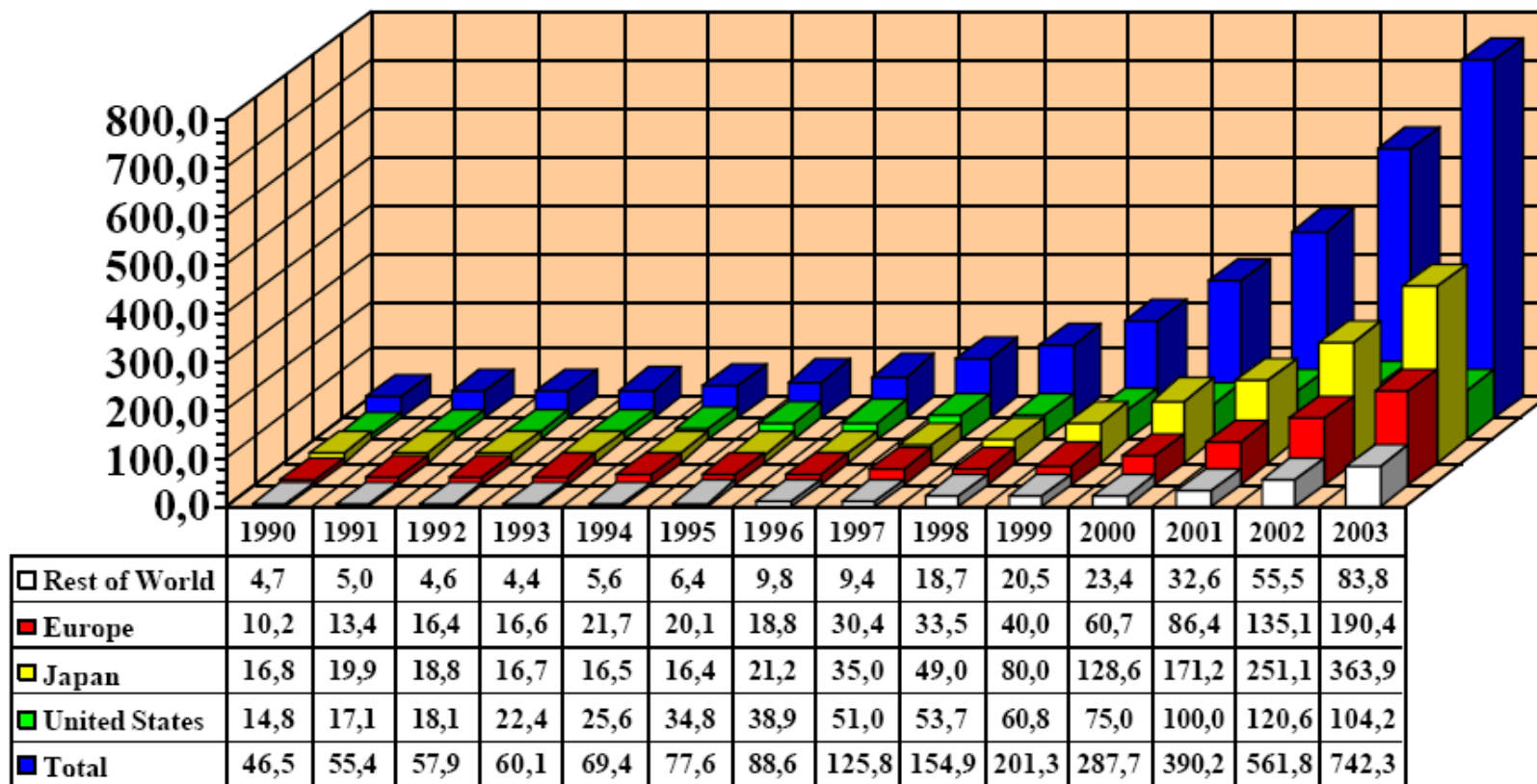
Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications





🌀 El desarrollo del mercado comenzó en los años 80

Producción Mundial de Módulos Fotovoltaicos (MW)



Fuente: PV News, Paul Maycock, editor





⚙️ Sistemas aislados

- ☐ Electrificación rural
- ☐ Equipamiento aislado (torres de comunicaciones, equipos de navegación...)
- ☐ Estos sistemas son rentables en comparación con las alternativas

⚙️ Sistemas conectados a red

- ☐ Eficiencia es 10-12%
- ☐ Aporte a la estabilización de la red en momentos de consumos máximos
- ☐ Comienzo de líneas de producción para la integración de células solares en elementos de construcción (BIPV)
- ☐ El coste de generación es todavía elevado en comparación con la electricidad convencional ($\sim 0,50$ €/kWh frente a $0,05$ €/kWh)





- 🌀 PV-NET: Photovoltaic Network for the Development of a Roadmap for European Photovoltaics Research and Development
- 🌀 PV-TRAC: Photovoltaic Technology Research Advisory Council
- 🌀 European PV Platform (Plataforma Europea Fotovoltaica)
 - ❑ WG1: Grupo de Política e Instrumentos
 - ❑ WG2: Grupo de Información, Promoción, Educación y Despliegue del Mercado
 - ❑ WG3: Grupo de Ciencia, Tecnología y Aplicaciones
 - ❑ WG4: Grupo de Países en Desarrollo

🌀 Objetivo

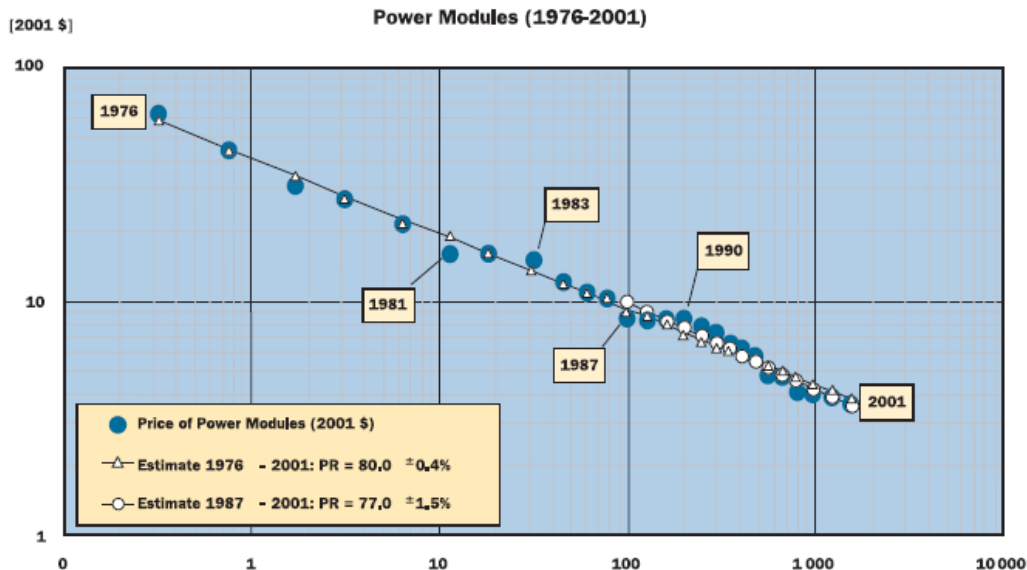
- ❑ Reducción del coste de la generación de electricidad mediante sistemas fotovoltaicos a precios competitivos en el mercado





Curva de aprendizaje

	Módulos	Sistemas
❑ Hoy	3,00 €/Wp	5,00 €/Wp
❑ 2010	2,00 €/Wp	3,50 €/Wp
❑ 2020	1,00 €/Wp	2,00 €/Wp
❑ 2030	0,50 €/Wp	1,00 €/Wp



Reducción del coste

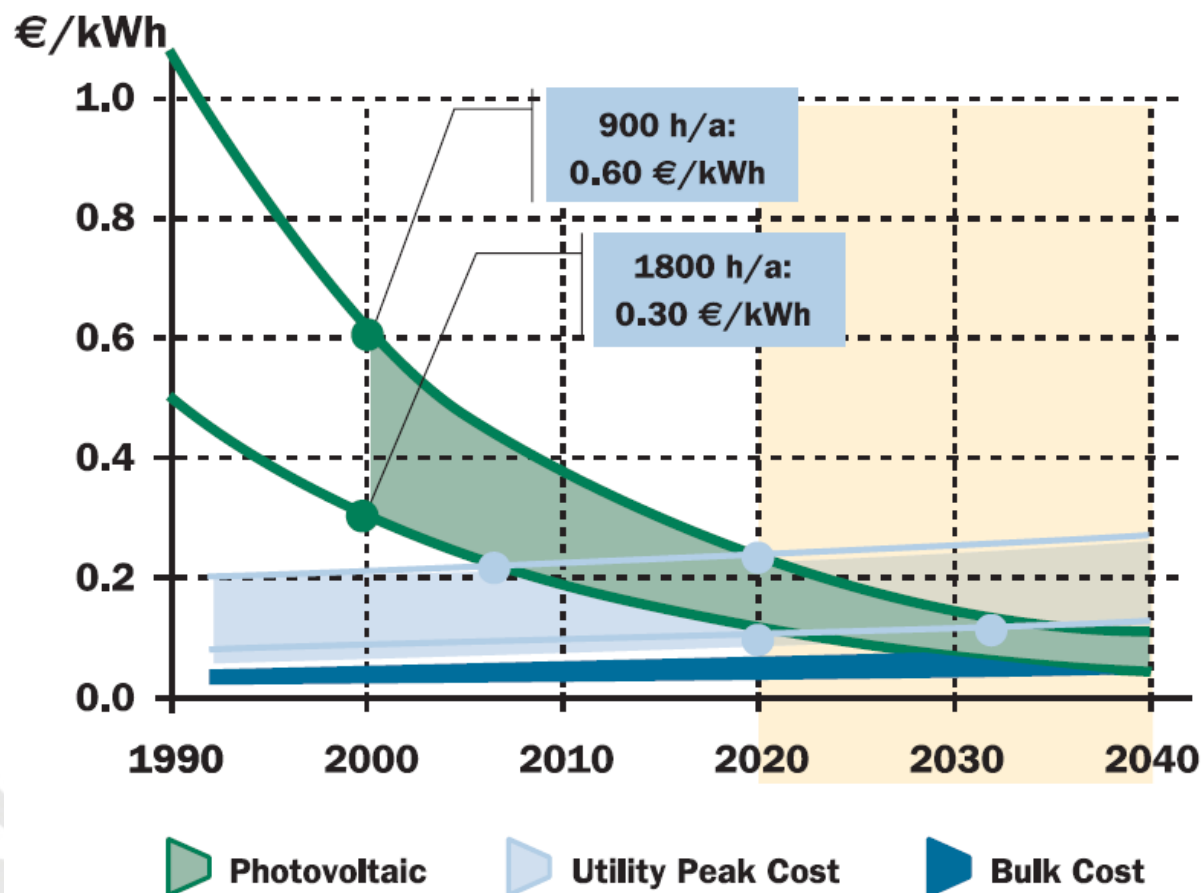
- ❑ Reducción del 20% en precio al doblar la producción
- ❑ Crecimiento continuo del mercado
- ❑ Esfuerzos de investigación focalizados

Fuente: A Vision for Photovoltaic Technology (European Commission)





☀️ Tendencia de costes de generación de electricidad Fotovoltaica



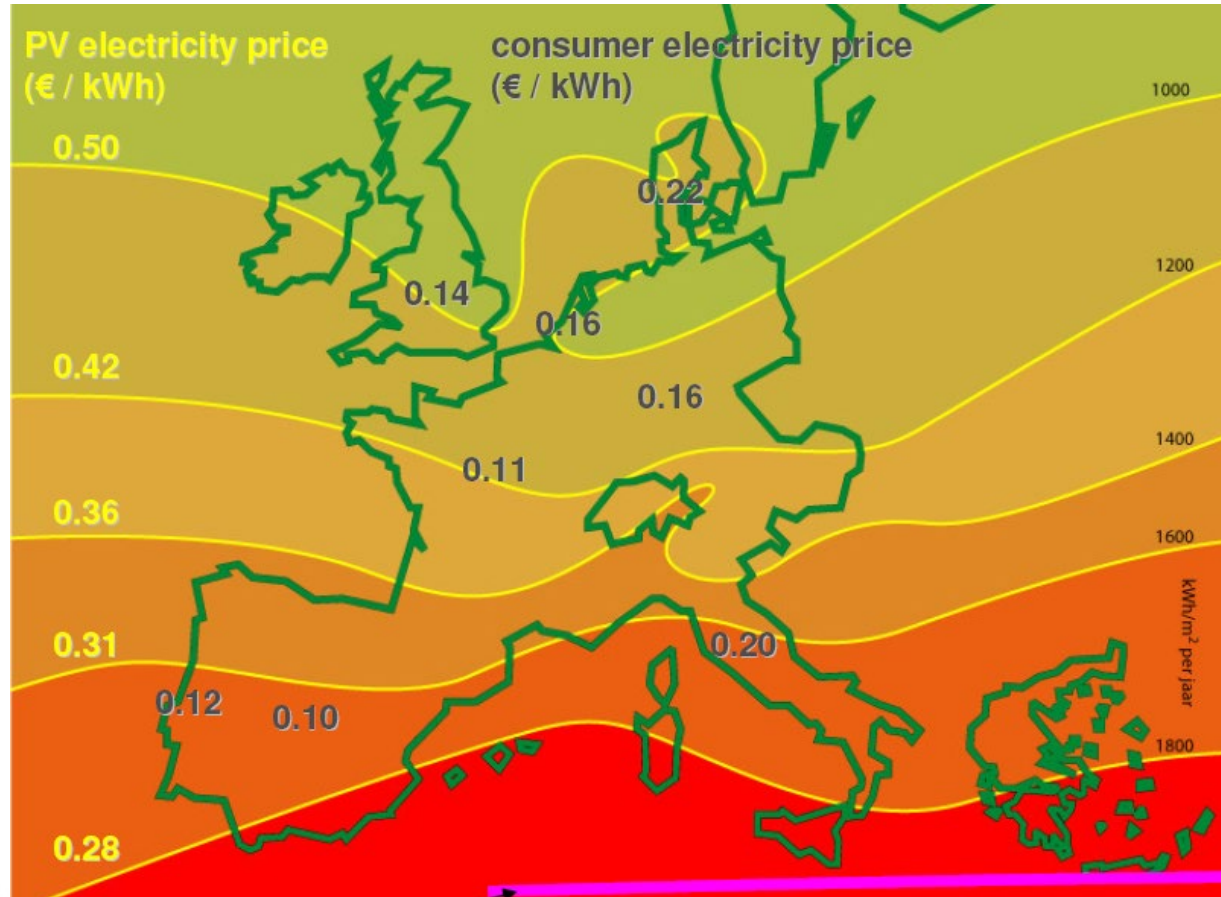
Fuente: A Vision for Photovoltaic Technology (European Commission)



Tendencias de futuro



2005 Comparación de coste y precio de compra



Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications

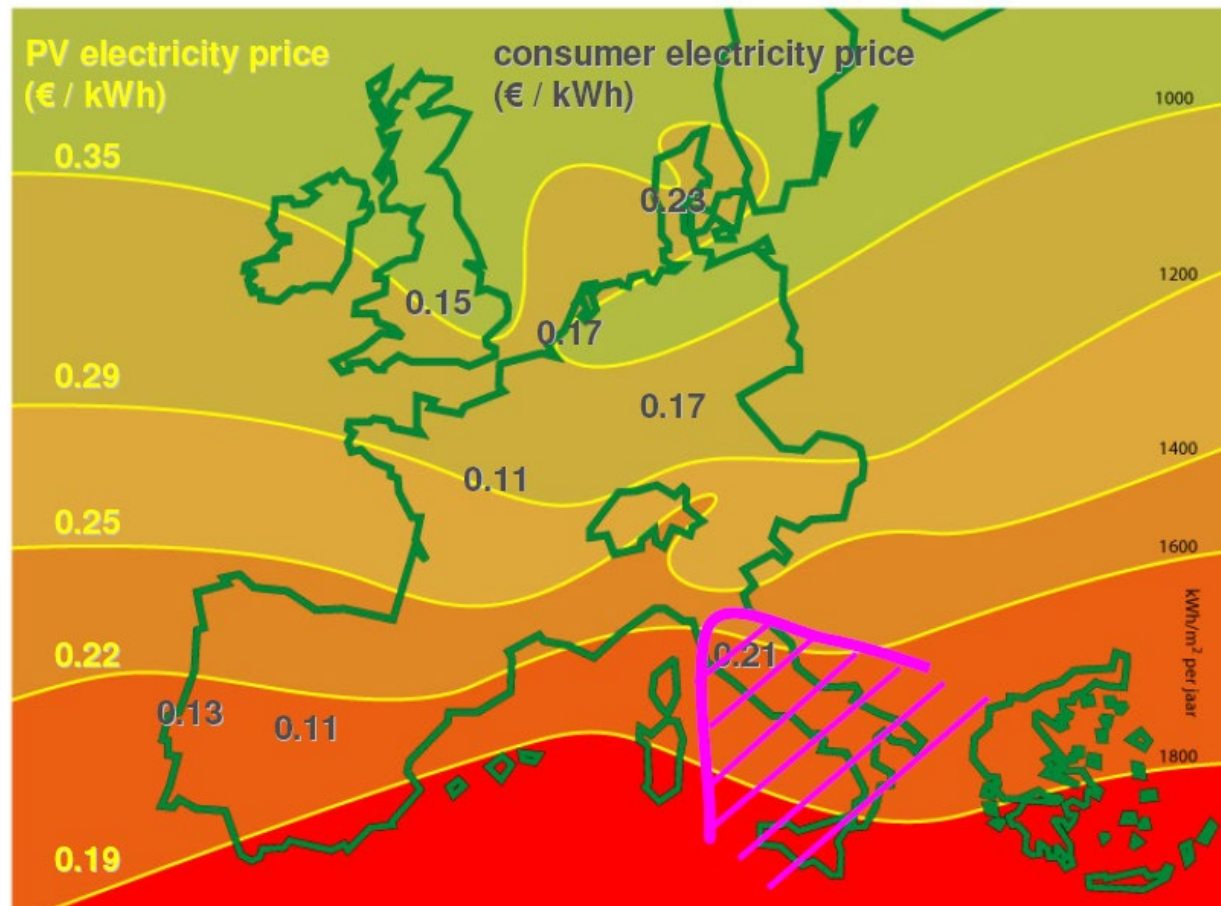
Energía solar fotovoltaica



Tendencias de futuro



2010 Comparación de coste y precio de compra



Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications

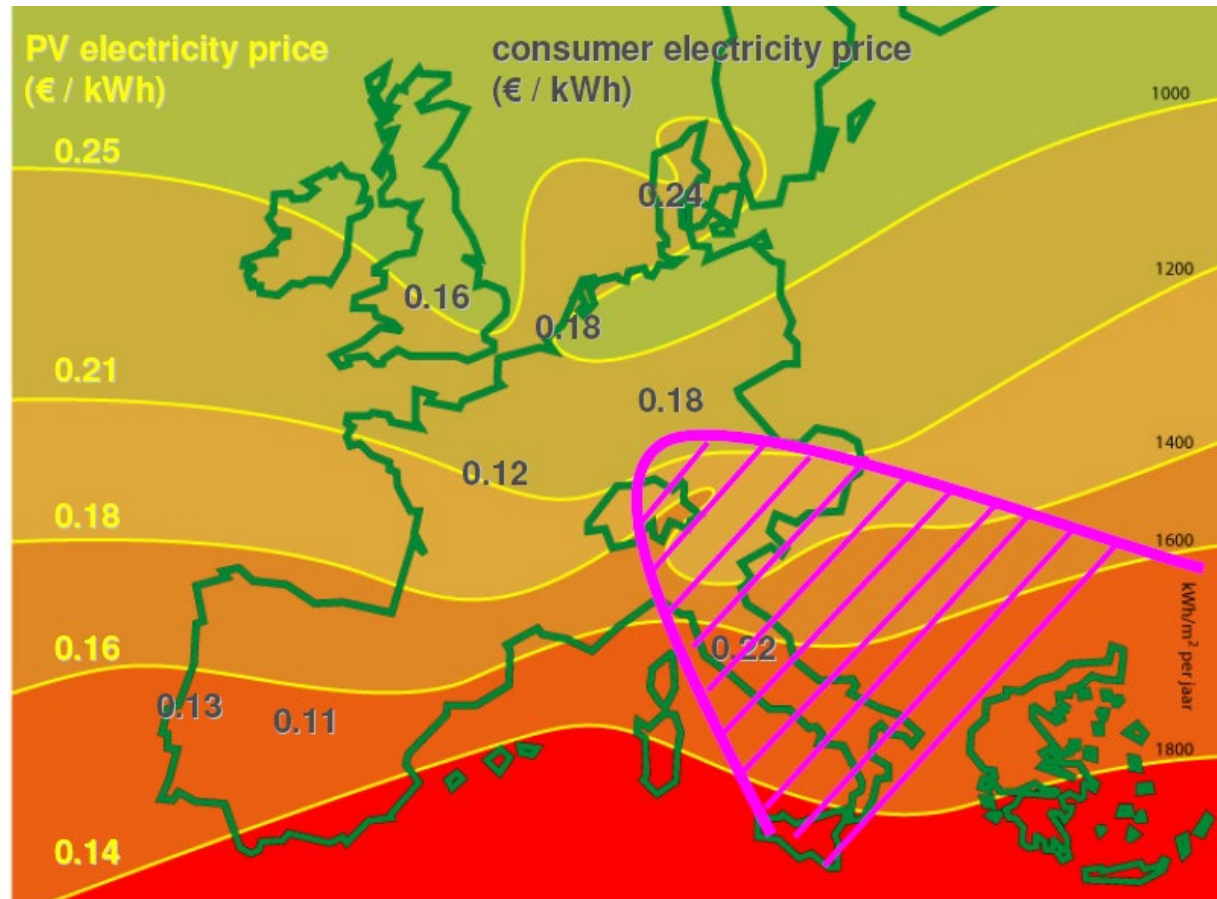
Energía solar fotovoltaica



Tendencias de futuro



2015 Comparación de coste y precio de compra



Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications

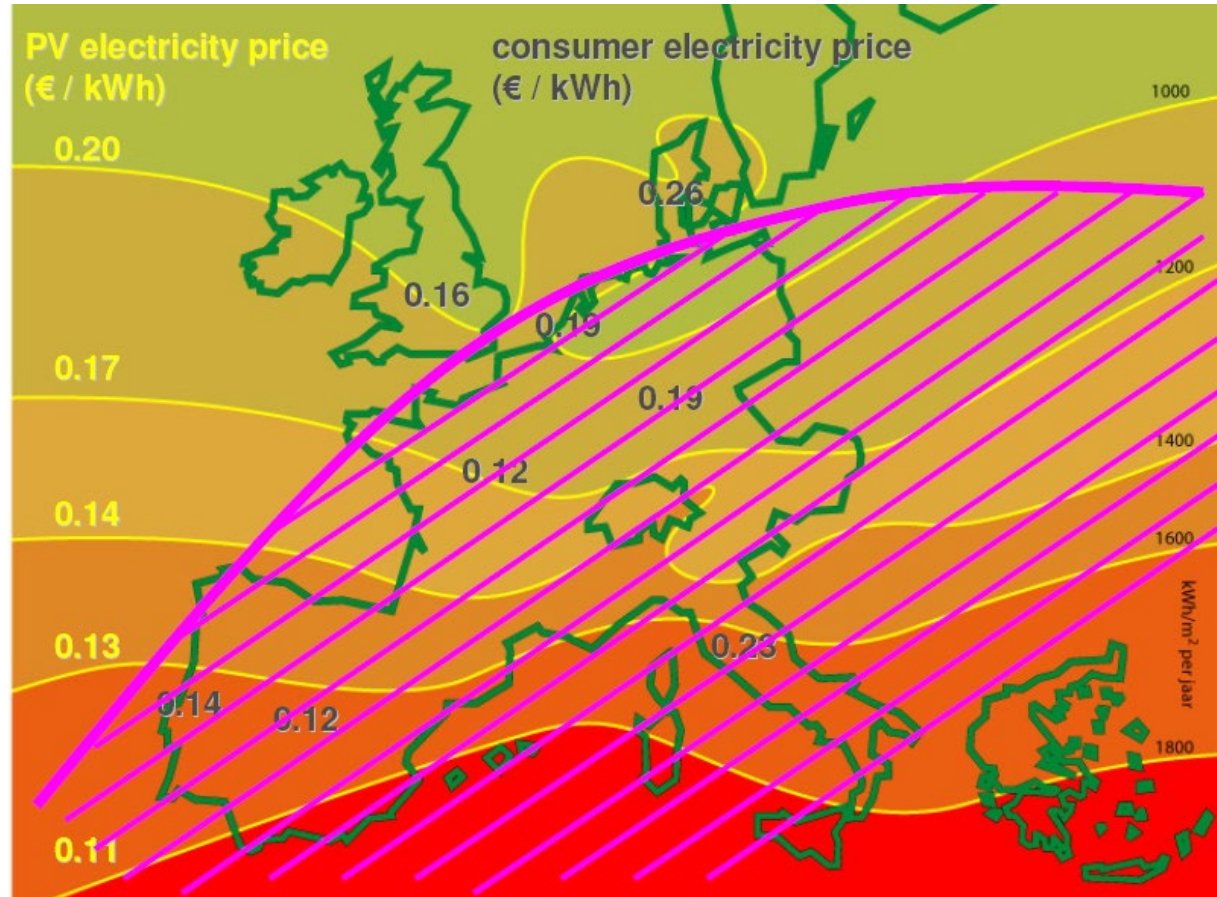
Energía solar fotovoltaica



Tendencias de futuro



2020 Comparación de coste y precio de compra



Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications

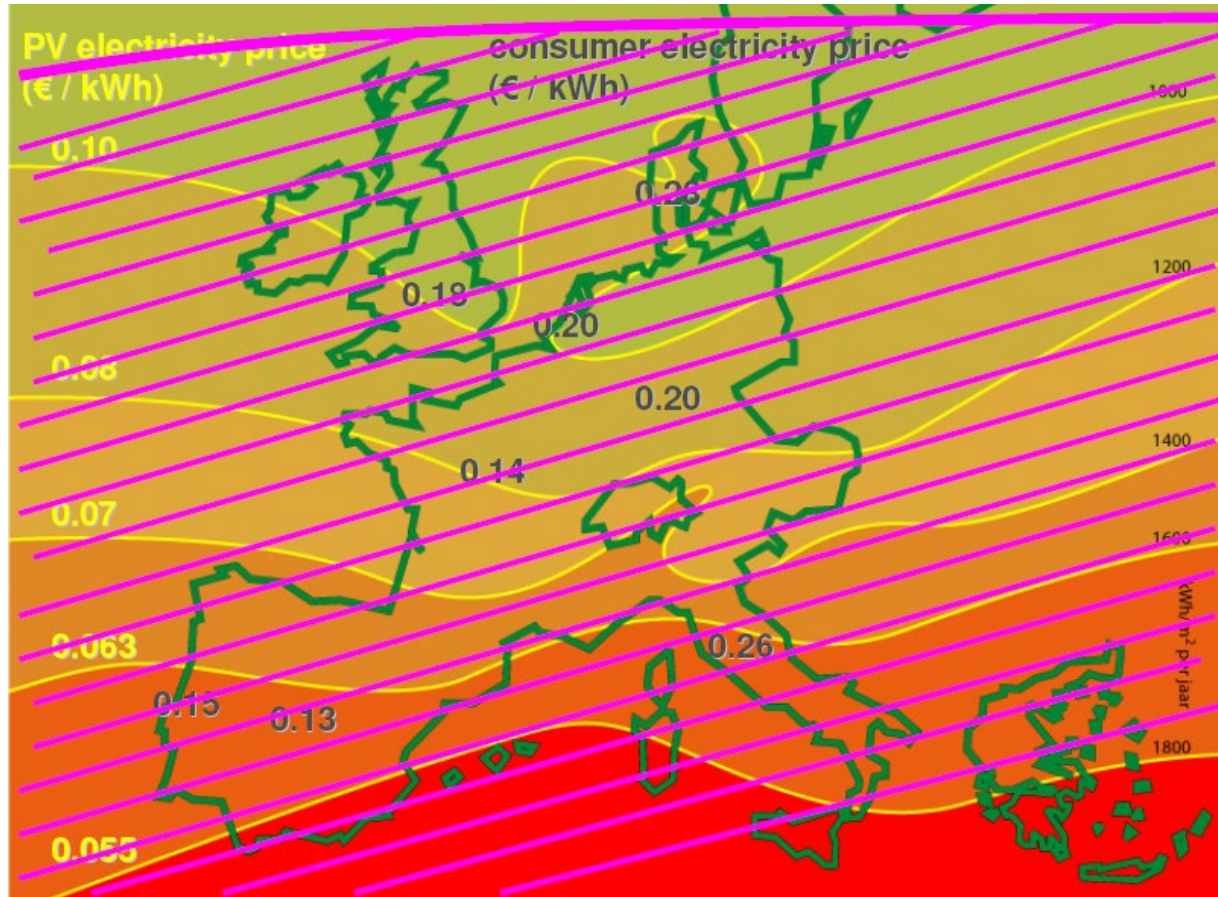
Energía solar fotovoltaica



Tendencias de futuro



2030 Comparación de coste y precio de compra



Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications

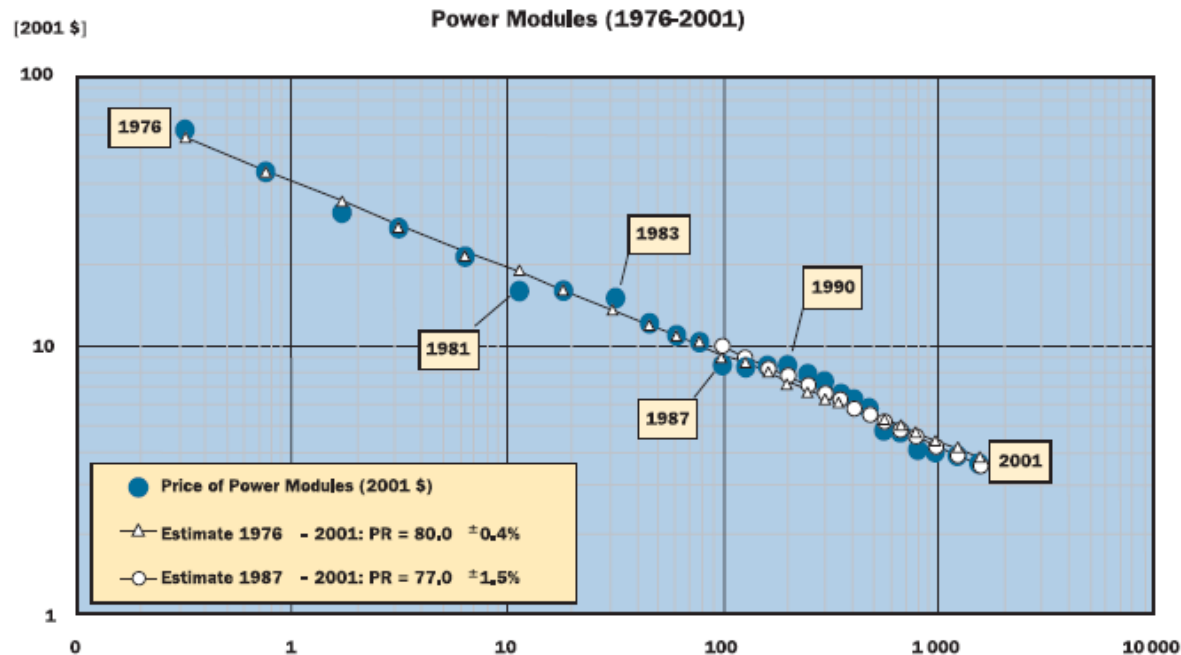
Energía solar fotovoltaica





Acciones a desarrollar

- ☐ Promoción de la producción
- ☐ Crecimiento continuo del mercado (Reducción del 20% en precio al doblar la producción)
- ☐ Esfuerzos de investigación focalizados



Fuente: A Vision for Photovoltaic Technology (European Commission)





🌀 Mejoras de los sistemas de conversión

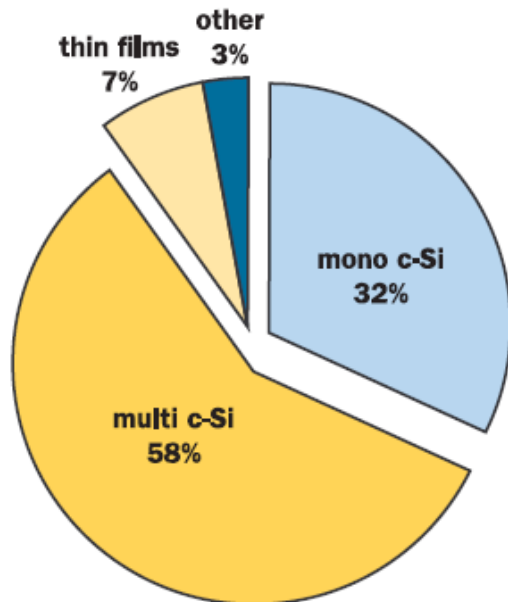
- ☐ Rango de eficiencias actuales: 5-15%
- ☐ Tecnologías actuales podrían alcanzar: 15-20%
- ☐ Nuevas estrategias para aumentar la eficiencia
 - ↘ Tecnologías poliméricas
 - ↘ Módulos de papel (module foils)
 - ↘ Seguidores solares con concentración de alta eficiencia
- ☐ Reducción del coste de fabricación
- ☐ Integración de células solares en elementos de construcción (BIPV)





🌀 Tecnologías de conversión Fotovoltaica

- ❑ Tecnologías de obleas de silicio
- ❑ Células de lámina delgada
- ❑ Sistemas de concentración
- ❑ Tecnologías emergentes



🌀 Distribución de la producción de células por tecnologías

- ❑ Mayor parte de sistemas utilizan Silicio cristalino
- ❑ Módulos de Silicio ofrecen mayor fiabilidad y rendimiento
- ❑ Necesario aumentar la capacidad de abastecimiento de Silicio de grado solar

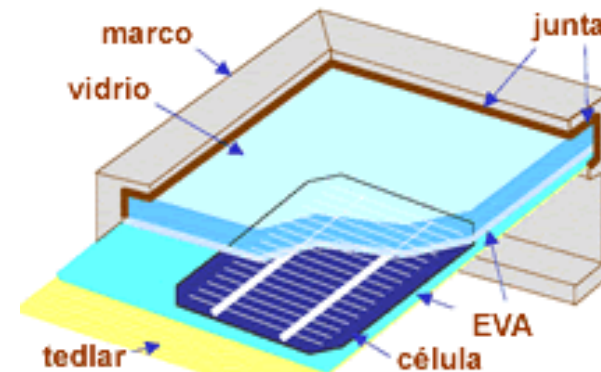
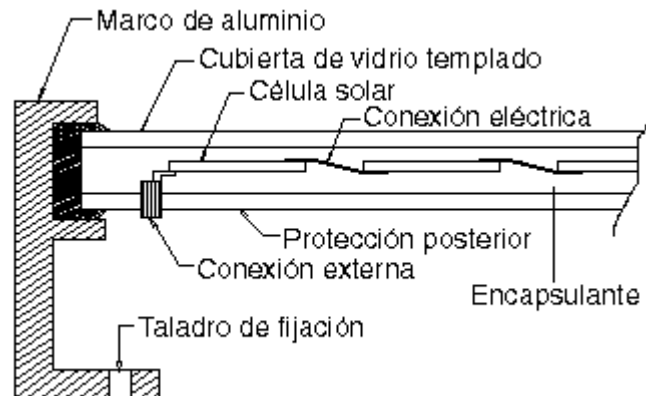
Fuente: A Vision for Photovoltaic Technology (European Commission)





🌀 Tecnologías de obleas de silicio

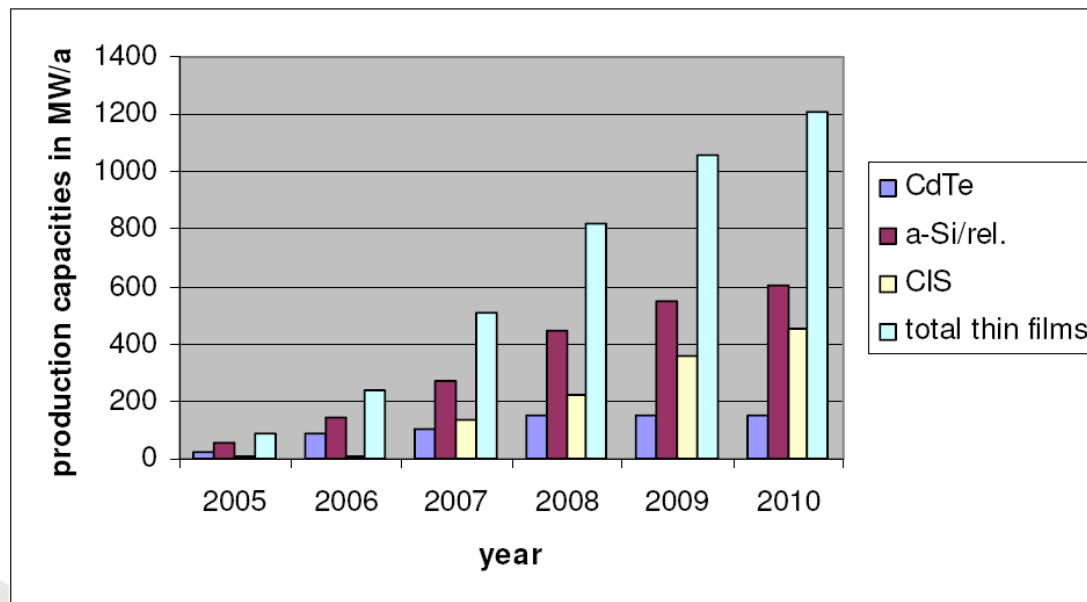
- ❑ Crecimiento de lingotes de silicio de grado solar
- ❑ Cortes de obleas más finas a partir del lingote
- ❑ Interconexión eléctrica de las células más eficiente (back contacts)
- ❑ Reducción del desperdicio en el encapsulado de las cadenas de células





🌀 Células de lámina delgada

- ❑ Células formadas por elementos de grupos II-VI y a-Si
- ❑ Deposición substratos de gran tamaño (vidrio, o acero...)
- ❑ Mejora de capas de conductores transparentes (TCO)
- ❑ Deposición uniforme de capas semiconductoras (absorbente)
- ❑ Proceso continuo de encapsulado



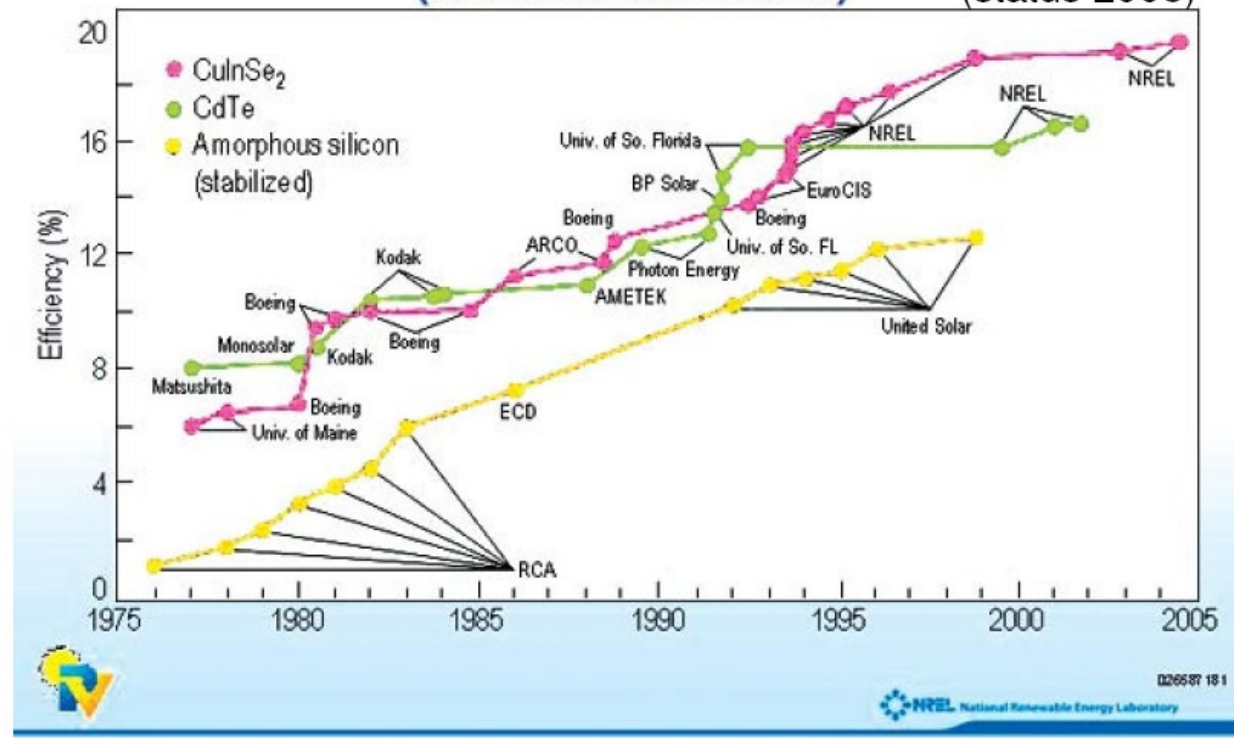
Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications





☼ Eficiencias de células de lámina delgada

The Best One-of-a-Kind Laboratory Cell Efficiencies for Thin Films (Standard Conditions) (status 2005)



Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications



Tecnologías de conversión Fotovoltaica



Silicio amorfo (a-Si)



Módulo de Silicio amorfo flexible



Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications



Tecnologías de conversión Fotovoltaica



🌀 Tendencia de producción de células de silicio y lámina delgada

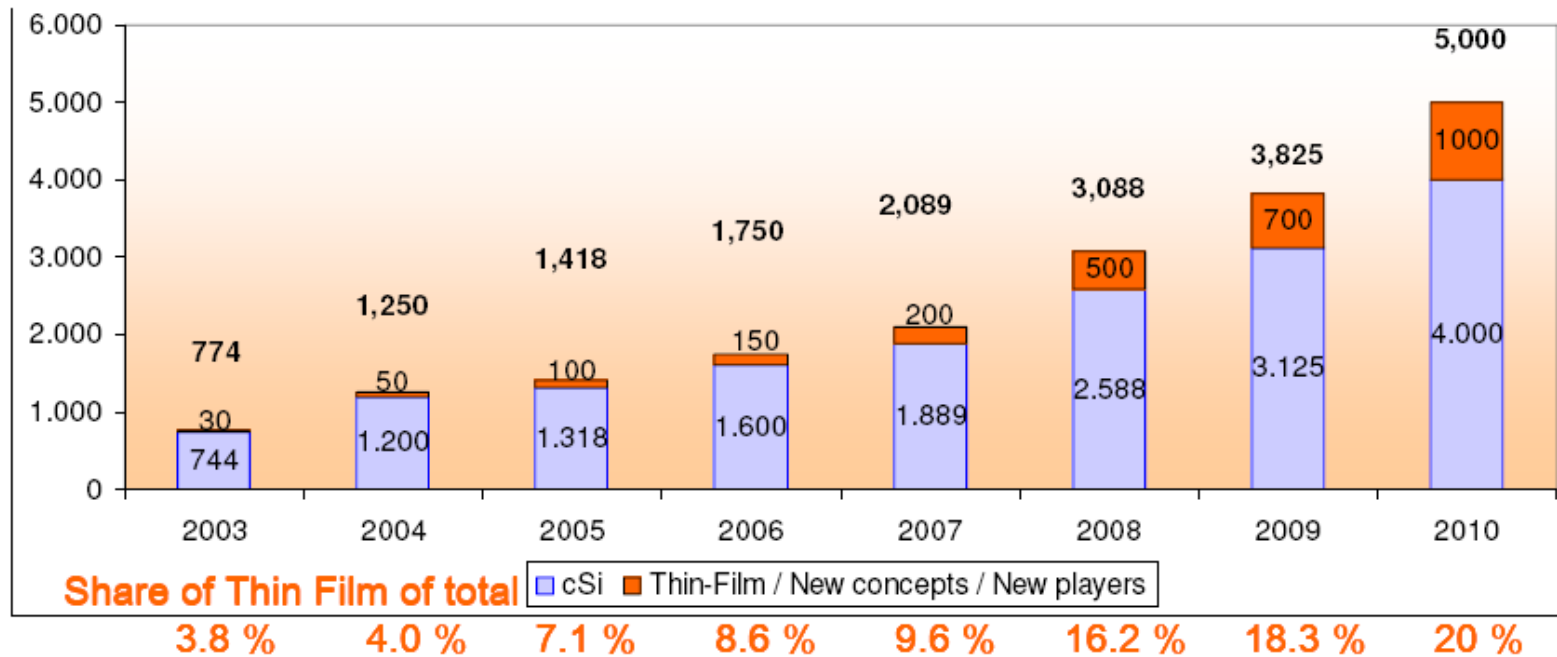
Source:



Production of PV Modules

c-Si, Thin Films

Possible Total Production [MWp]



Fuente: EPIA, European Photovoltaic Industry Association

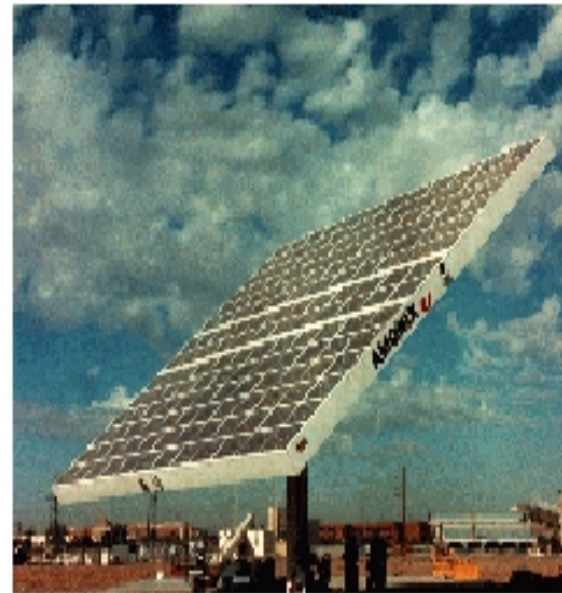
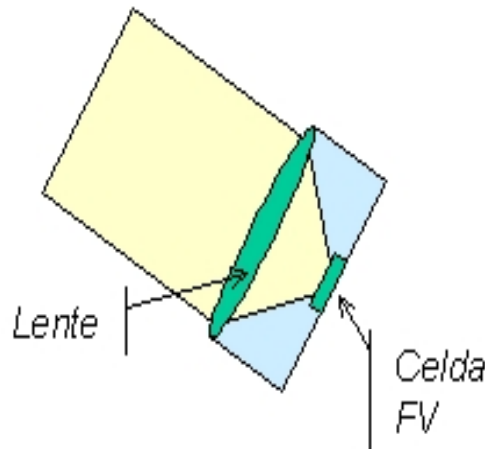
Energía solar fotovoltaica





☼ Sistemas de concentración

- ❑ Amplia superficie óptica con seguimiento solar para hacer incidir la luz sobre la célula
 - ↙ Lentes
 - ↙ Espejos
- ❑ Pueden trabajar a valores de $x=1000$ (1000 soles)
 - ↙ $x=400$ es un valor habitual





☼ Sistemas de concentración

- ❑ Células formadas por elementos de grupos III-V
 - ↙ GaAs, GaInAs, AlGaAs
 - ↙ Gap variable según el doping (In, Al,...)
- ❑ La eficiencia de la célula aumenta con la intensidad de luz. Estas células alcanzan eficiencias del 30% en campo y 35% en laboratorio
- ❑ Hetero-estructuras, multi-junctions y configuraciones de pozos cuánticos
 - ↙ Permiten absorber mayor cantidad del espectro
- ❑ TPV: Thermo-photovoltaics
 - ↙ Células que trabajan con el espectro infrarrojo
- ❑ Se precisa abaratar las técnicas de deposición
 - ↙ Deposición química por vapor
 - ↙ Deposición epitaxial





🌀 Tecnologías emergentes

❑ Enfocadas a la reducción de coste

↙ Células de oxido sensibilizado

- Utilizan el efecto de electrolisis

↙ Células solares orgánicas (polímeros)

↙ Materiales de nano-estructuras

❑ Enfocadas a una alta eficiencia

↙ Células multi-junction para concentración

↙ Células hot-carrier

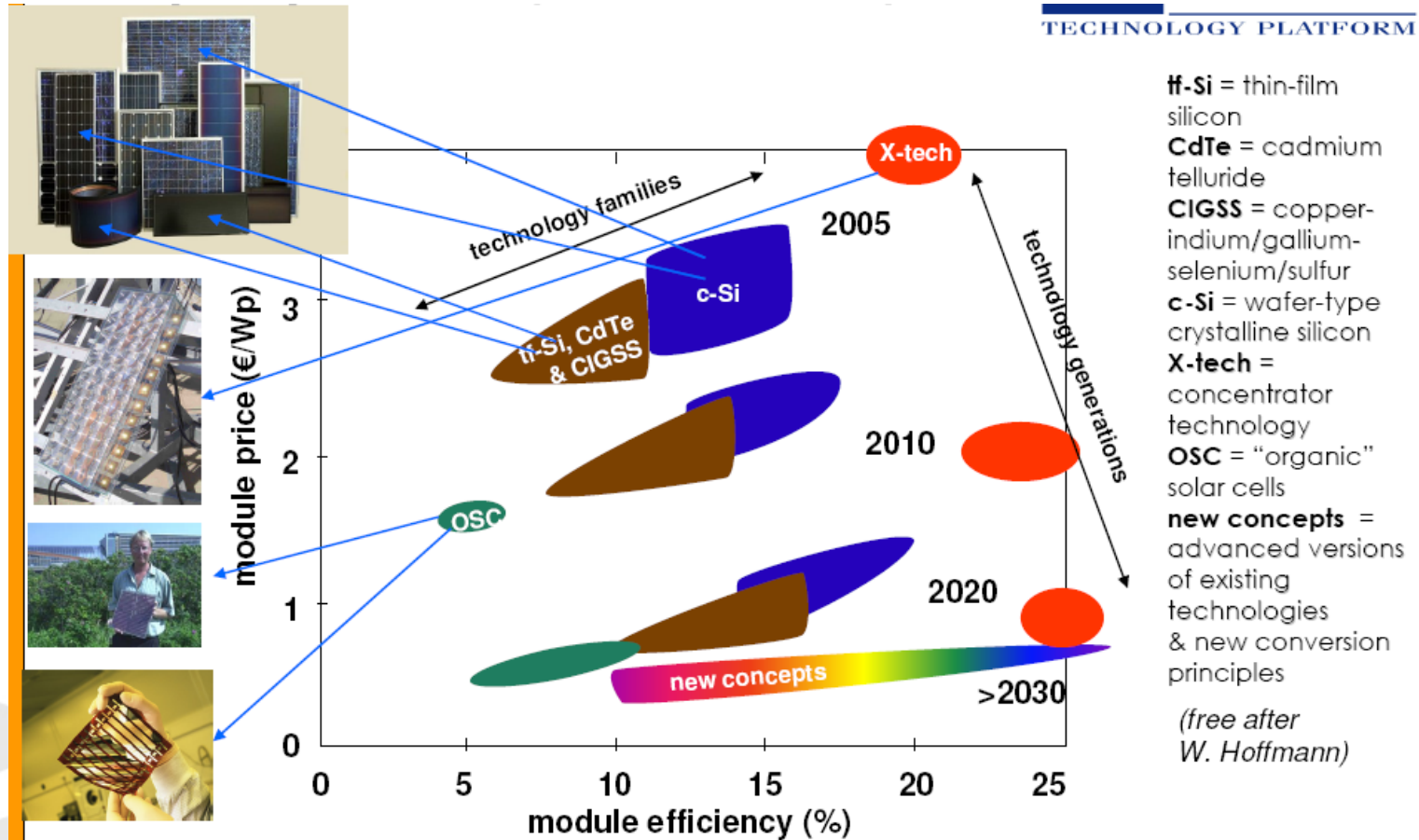
- Aprovechan un fotón para generar dos electrones



Tecnologías de conversión Fotovoltaica



Evolución de las tecnologías fotovoltaicas



Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications

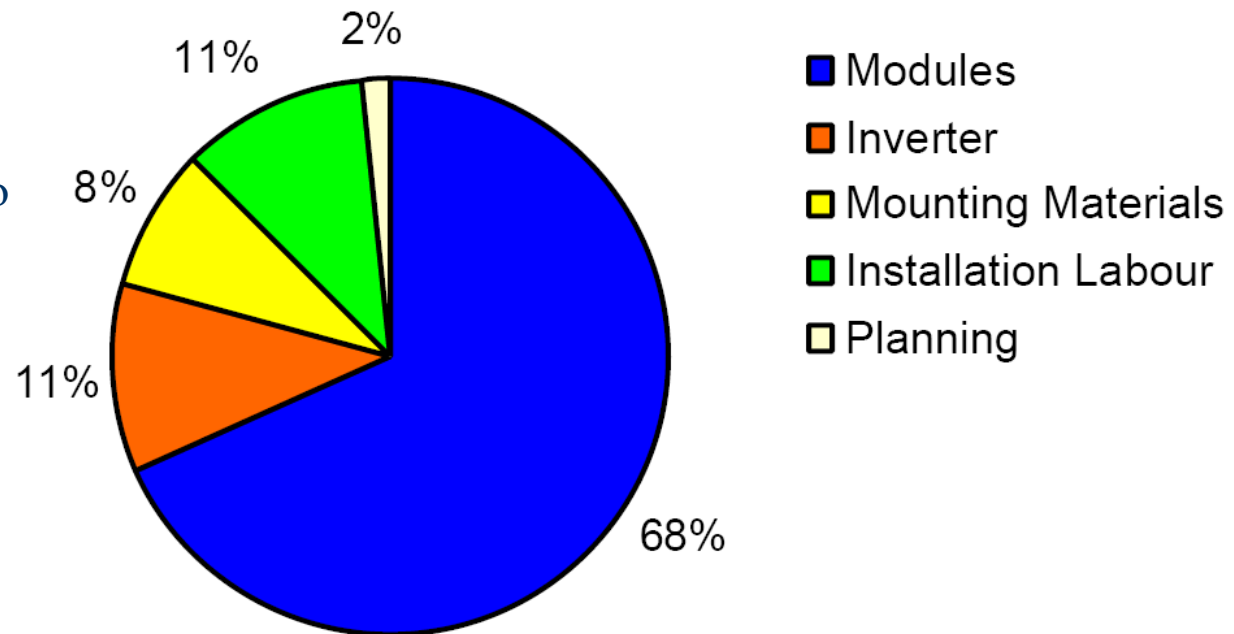




☼ Sistemas Fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV)

- ❑ Módulos fotovoltaicos (serie/paralelo)
- ❑ Balance del sistema (BOS)
 - ↘ Cableado
 - ↘ Inversor DC/AC

Distribución del
coste de un sistema
montado en un tejado
alemán (2 kWp)



Fuente: PV NET, European Roadmap for PV R&D (European Commission)

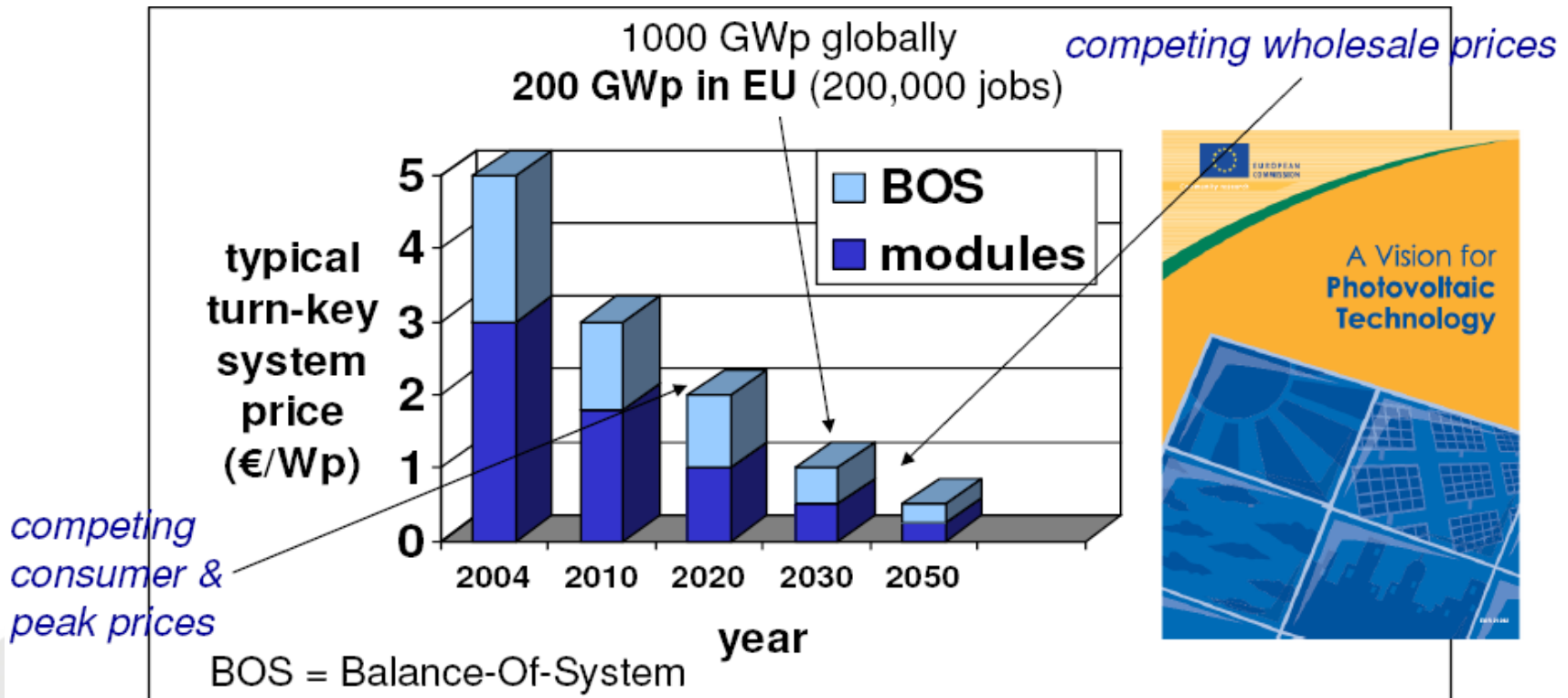


Integración en edificios (BIPV)



🌀 Tendencia de costes para sistemas integrados

- ❑ El BOS supone 40-50% del coste



Fuente: European PV Platform: WG3, Science, Technology and Applications

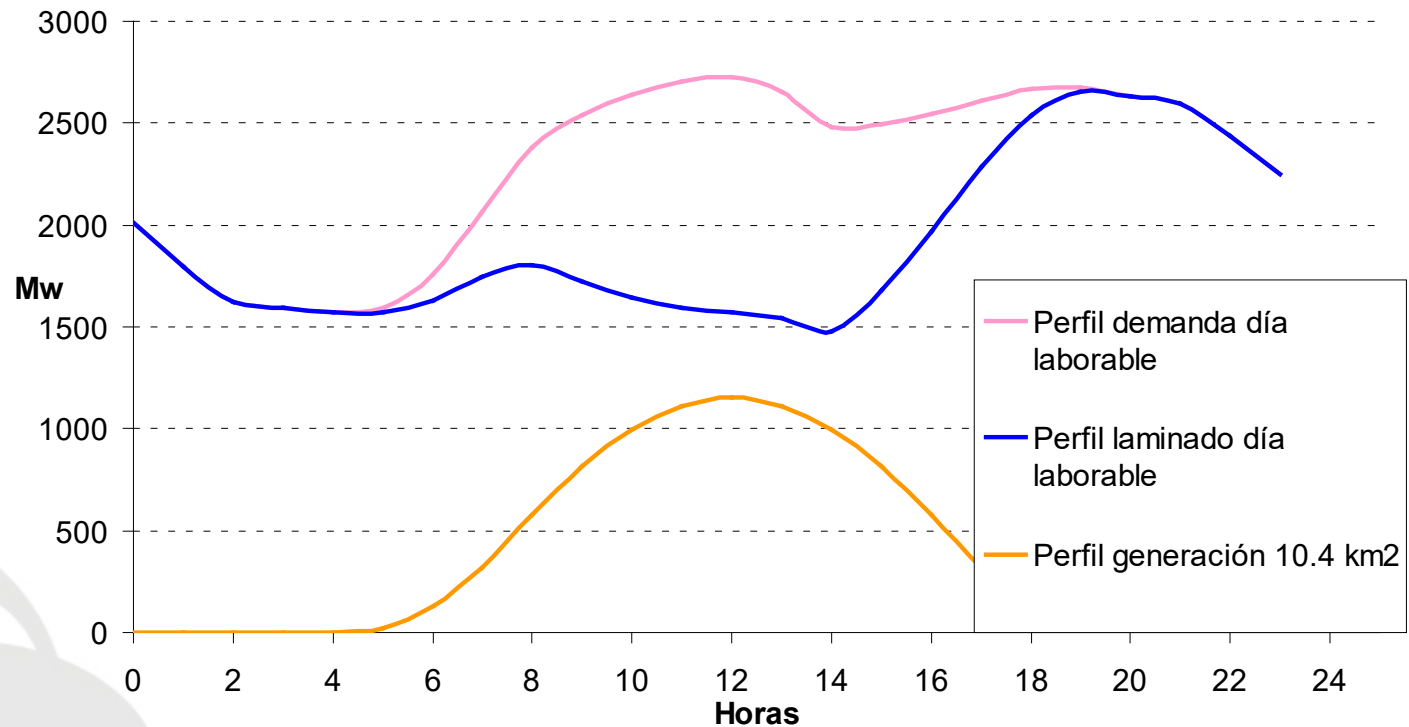




🌀 Motivación para la promoción de la integración

Reducción del perfil de demanda eléctrica

Acoplo demanda-generación FV
Comunidad de Madrid

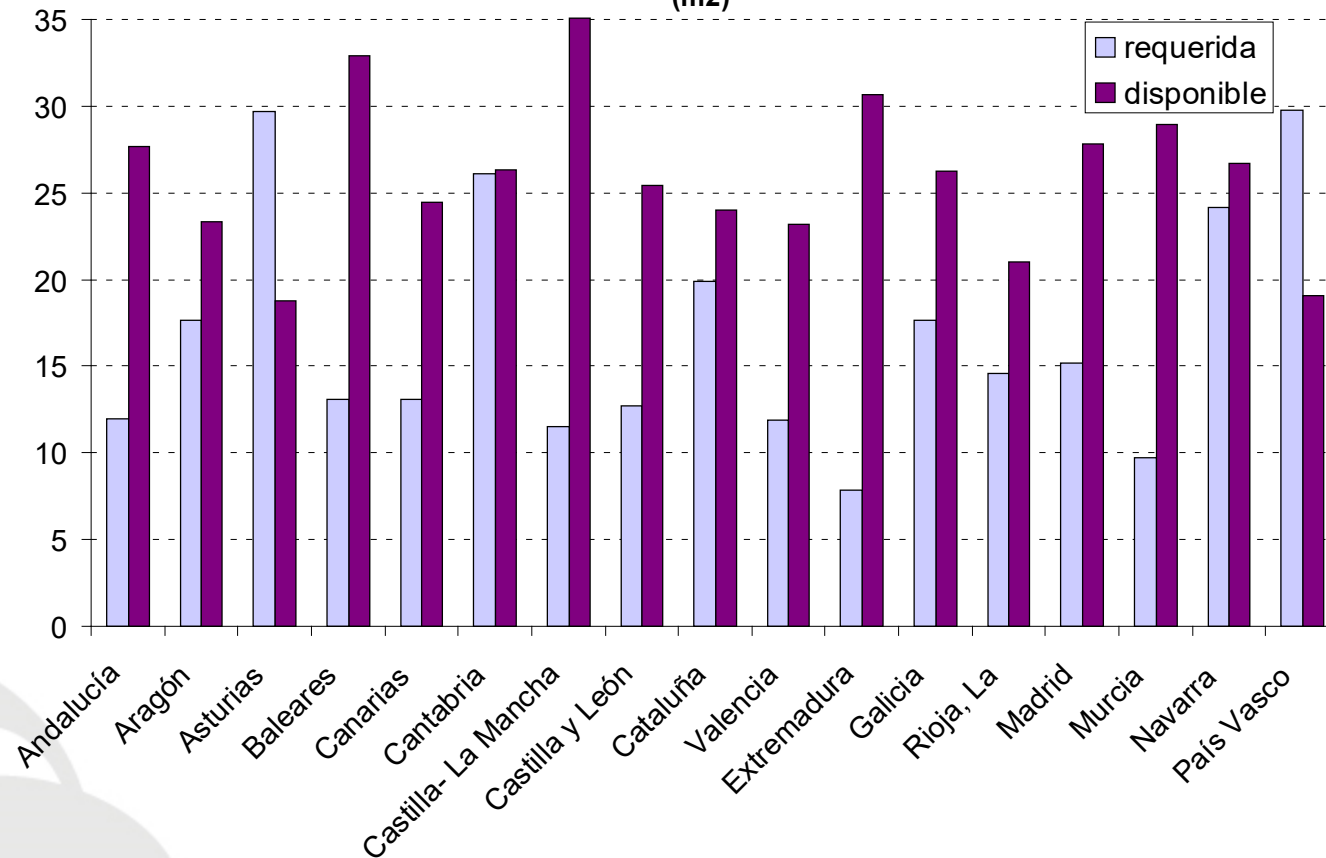


Integración en edificios (BIPV)



☀️ Potencial fotovoltaico en edificios

Superficie FV disponible y requerida para generar
el consumo doméstico por vivienda
(m²)



Integración en edificios (BIPV)



☼ Techo de la estación de ferrocarriles de Berna (Suiza).
Módulos solares semitransparentes



Fuente: Página web de PV NET (<http://www.pv-net.net/>)



Integración en edificios (BIPV)



☀️ Tejados semitransparentes, tejas solares

- ❑ Absorben el coste de encapsulado
- ❑ No ocupan lugar adicional



Energía solar fotovoltaica





- ☼ El coste de producción eléctrica fotovoltaica está en 0,50 €/kWh
- ☼ Con el apoyo al sector de producción se pueden reducir los costes de producción de módulos y de instalación para competir con la electricidad convencional ($\sim 0,1$ €/kWh)
- ☼ Los sistemas de silicio seguirán siendo dominantes
- ☼ Las células de lámina delgada aumentarán su porcentaje
- ☼ El apoyo en investigación permitirá la transferencia a producción de tecnologías más innovadoras
- ☼ La integración en edificios será un elemento esencial para la diseminación y el avance de las tecnologías fotovoltaicas





Avda. Ciudad de la Innovación, nº 7
31621 Sarriguren. Navarra (España)

Tel. +34 948 25 28 00
Fax. +34 948 27 07 74
Email. info@cener.com

www.cener.com

