

Foro CEIBA-LARCI México
***“El papel de la Ley para la Transición
Energética (LTE) en avanzar las Energías
Renovables en México”***

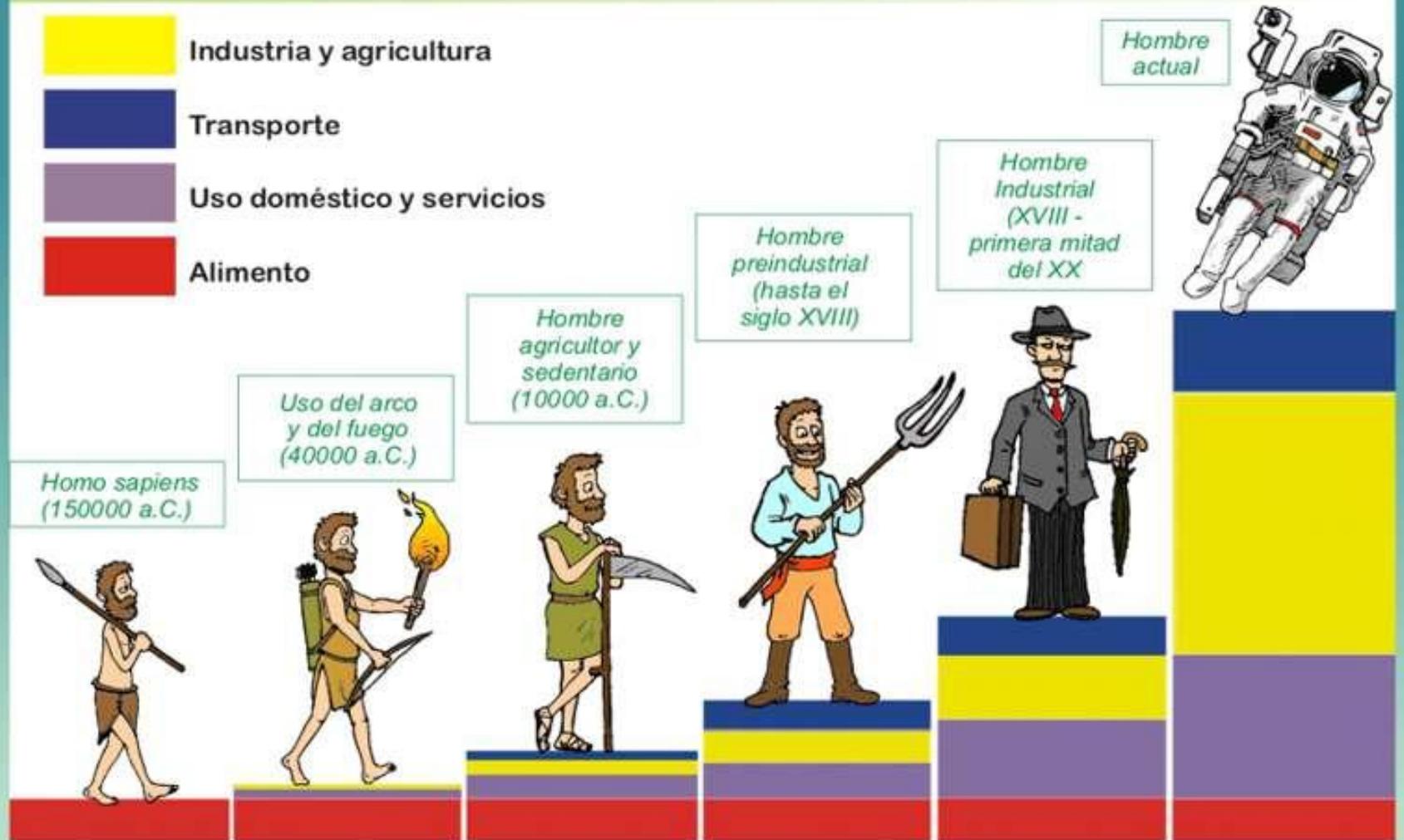
Potencial de las Energías Renovables en México



Dr. Rubén Dorantes Rodríguez

Profesor Titular. Líder del Laboratorio de Refrigeración, Fenómenos de Transporte y Energías Renovables
Departamento de Energía

Consumo de energía a lo largo de la historia



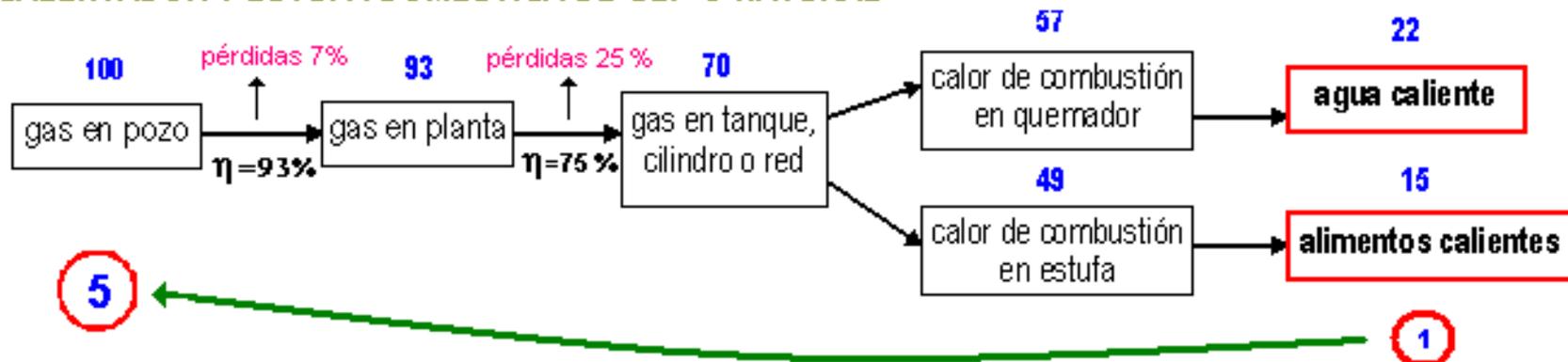
La pregunta que hago es: ¿estamos hoy día transformando las fuentes de energía primaria y secundaria con mayor eficiencia para satisfacer nuestras necesidades?

La pregunta que hago es: ¿estamos hoy día transformando las fuentes de energía primaria y secundaria con mayor eficiencia para satisfacer nuestras necesidades?

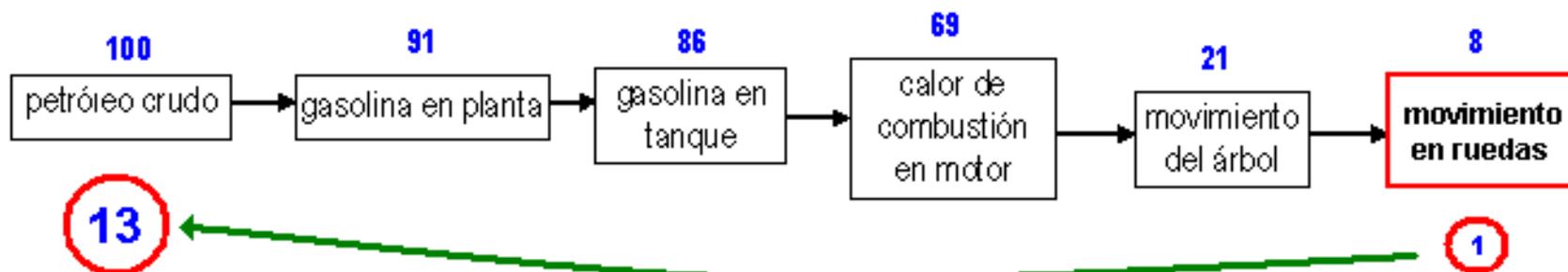
¡La respuesta es definitivamente NO!

EFICIENCIAS ENERGÉTICAS GLOBALES DE PROCESOS DE ALTA INTENSIDAD ENERGÉTICA

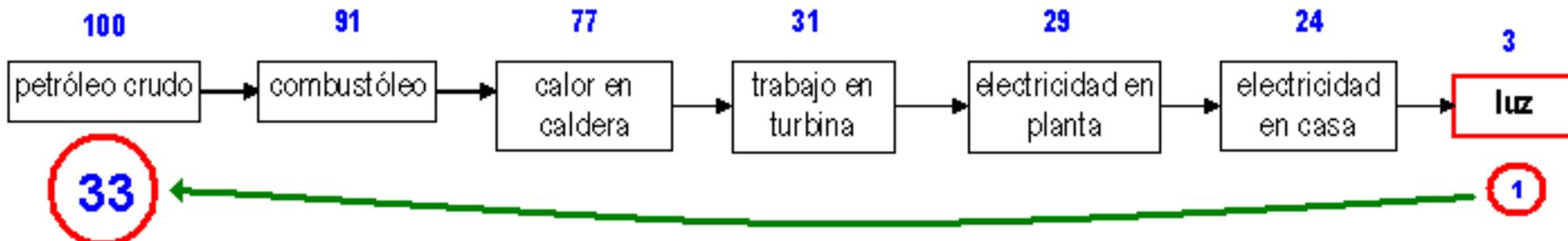
CALENTADOR Y ESTUFA DOMÉSTICA DE GLP O NATURAL



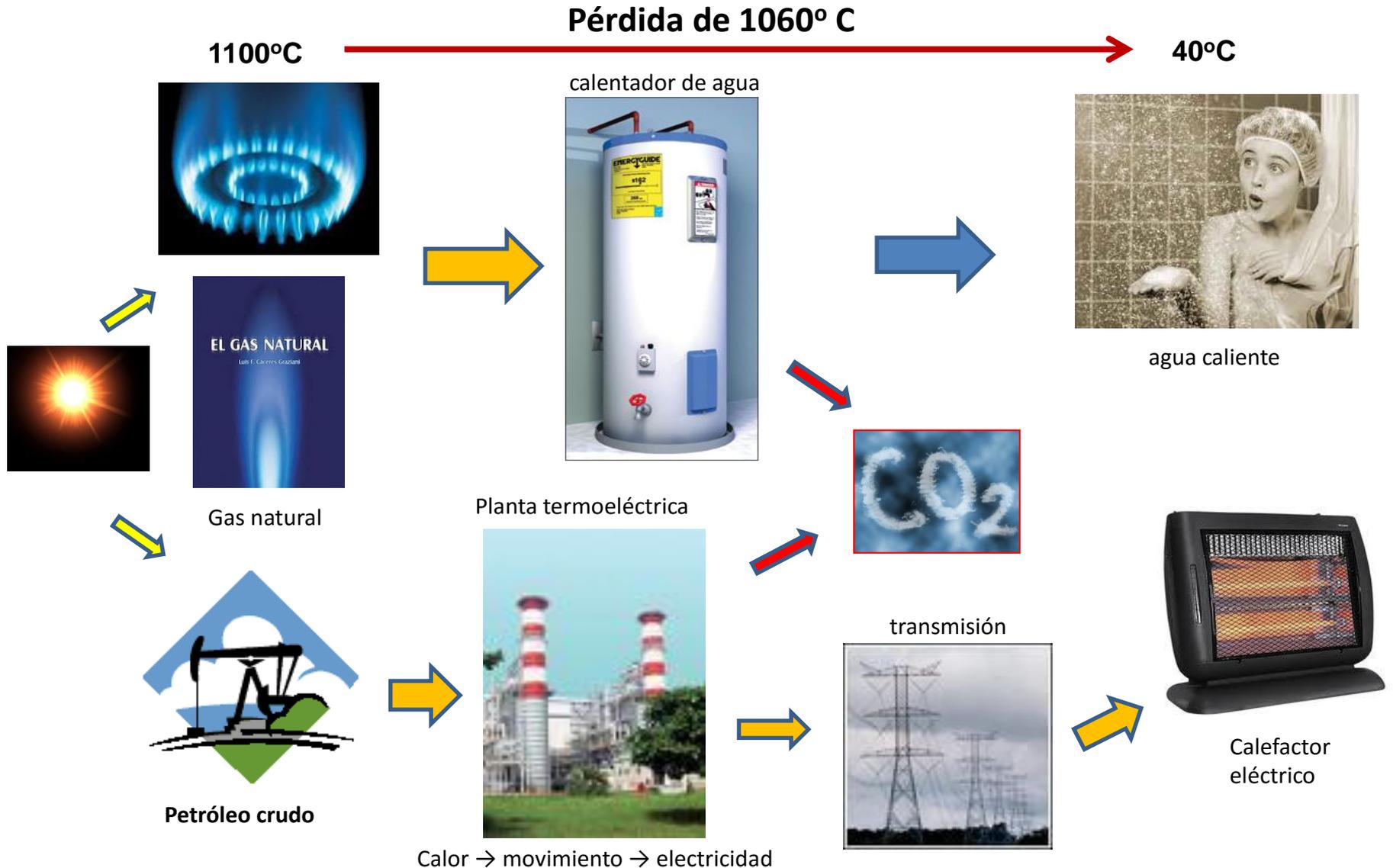
AUTOMÓVIL



LÁMPARA INCANDESCENTE



La elevada degradación térmica de los actuales procesos de alta intensidad energética (2ª. Ley de la Termodinámica)



Entonces el principal problema que enfrentamos como sociedad es que más que un problema de mejores y nuevas fuentes de energía, más bien es un problema de NO entender que la fuente de energía primaria debe estar cercana a la fuente útil de energía y qué, además, esta fuente debe ser preferentemente
SUSTENTABLE

¿Qué debemos entender por E. P. sustentable?

- ❖ De gran fácil disponibilidad y abundante en el tiempo ... pero en México
- ❖ De fácil transformación energética (técnicamente) y con altas eficiencia energéticas y exergéticas
- ❖ De costos moderados y estables en el tiempo, en toda su cadena de transformación
- ❖ Con el menor impacto ambiental posible en todos sus procesos de transformación
- ❖ Qué permita crear una cadena de valores agregados (empleo, desarrollo tecnológico propio, riqueza económica y ambiental)
- ❖ Qué pueda ser un vector de desarrollo a pequeña, mediana y gran escala
- ❖ En resumen, que nos garantice una **SEGURIDAD ENERGÉTICA**

Por este condicionamiento que debemos irles poniendo a todas las posibles fuentes de energía, es necesario que apuntemos nuestros esfuerzos a dos de estas:

- la eficiencia energética, como un tipo de fuente de energía y
- a las energías renovables

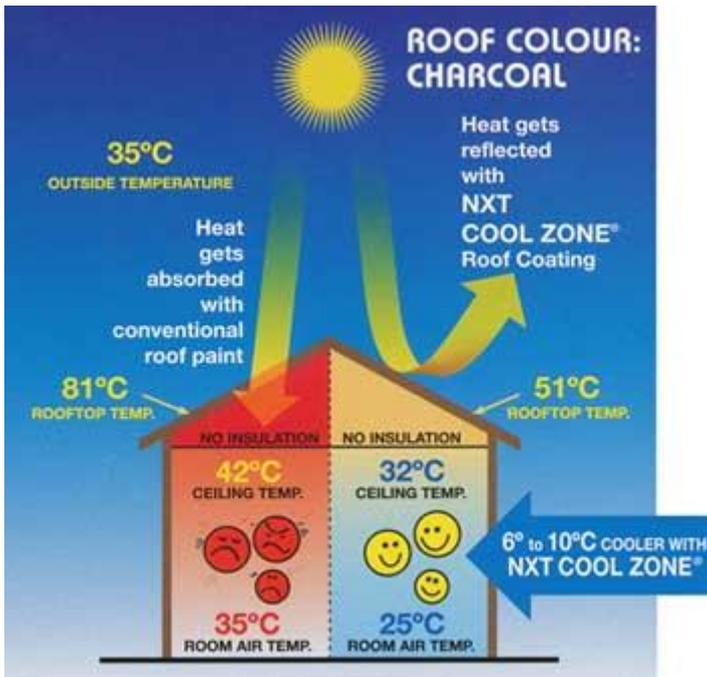
pero entendiendo que estamos en un proceso de TRANSICIÓN ENERGÉTICA donde NO podemos equivocarnos nuevamente de rumbo



transición



Algunos ejemplos de ahorro y de eficiencia energética notables



Los techos fríos



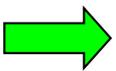
La casa autosustentable



El auto de aire comprimido

EFICIENCIAS ENERGÉTICAS GLOBALES CON ENERGÍAS RENOVABLES

100



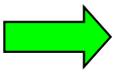
80



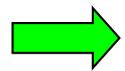
65



100



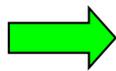
45



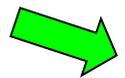
19



100



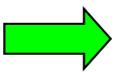
45



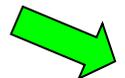
10



100



15



7



¿y cómo están nuestras actuales fuentes de energía?
¿Son sustentables?

Clasificación para México de las fuentes de energía actuales

FUENTE	DISPONIBILIDAD	ABUNDANTE	ECONOMICA	ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA	ALTA EFICIENCIA EXERGÉTICA	BAJO IMPACTO AMBIENTAL	DISPONIBLE TÉCNICAMENTE	CREA VALOR AGREGADO	ESCALABLE	APORTA SEGURIDAD ENERGÉTICA
EFIC. ENERGÉTICA	😊	😊	😊	😊😊	😊😊	😊	😊😊	😊😊	😊	😊
PETRÓLEO	😞	😞	😊	😊	😞	😞😞	😊😊	😊	😊	😞
GAS NAT.	😞	😞😞	😊	😊	😞😞	😊	😊	😊	😊	😞
CARBON	😞	😞😞	😊	😊	😞	😞😞	😊	😊	😊	😞
NUCLEAR	😞	😞😞	😞	😞	😞	😞😞	😞😞	😊/😞	😞😞	😞😞
HIDRO	😊	😊	😊	😊	😞	😞	😊	😊😊	😊	😊
SOLAR FV	😊😊	😊😊	😊/😞	😞	😞	😊	😞	😊	😊😊	😞
SOLAR TÉRMICA	😊😊😊	😊😊😊	😊/😞	😊	😞	😊	😊	😊😊	😊😊	😊
EÓLICA	😊	😊	😊	😊	😞	😊😊	😞	😊	😊😊	😊
GEOTÉRMIA	😊	😊/😞	😊	😞	😞	😞	😊	😊	😊	😊
BIOMASA	😊😊	😊😊	😊	😞	😞	😊	😊	😊😊	😊😊	😊😊
OCEÁNICA	😊😊	😊😊😊	😞😞	😞😞	😞😞	😊	😞	😊	😊/😞	😞
HUMANA	😊	😊	😊	😞😞	😞	😊	😊	😊	😞	😊

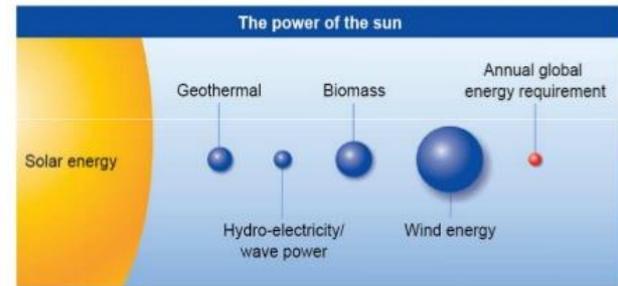
Fuente: Elaboración propia, 2015

¿cómo está el potencial de energías renovables en México y en el mundo?

Potencial mundial de energías renovables en el mundo



Potencial de las energías renovables en el Mundo



La mayor fuente de energía renovables es la SOLAR

¿CUÁNTE ENERGÍA EMITE EL SOL?

La potencia generada por todas las plantas industriales del mundo trabajando juntas sería unos 200 billones de veces más pequeña que la que genera el Sol.

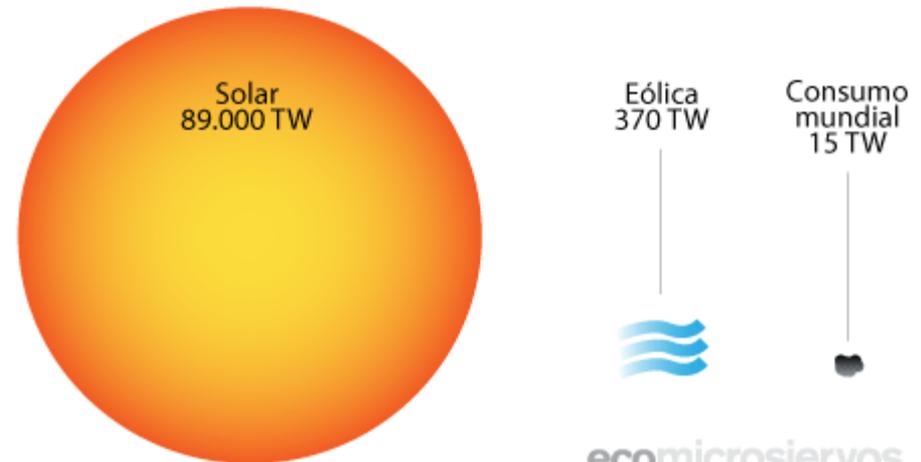
Energía	$4 \cdot 10^{26}$ J
Potencia	$4 \cdot 10^{23}$ kW

200 billones de veces >

¿SABÍAS QUE...?

La energía procedente de la radiación solar, absorbida por la Tierra en un año, equivale a 15 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles del mundo.

Energías renovables y eficiencia energética: 1 Energía y electricidad



Ejemplo del potencia solar en México. Grandes números

Potencial: Chihuahua: 18,873 GW_e
Sonora: 14,030 GW_e

Con la energía solar que llega a 0.14% de la superficie de estos estados, toda la energía eléctrica consumida en el país podría ser satisfecha.

65
Km

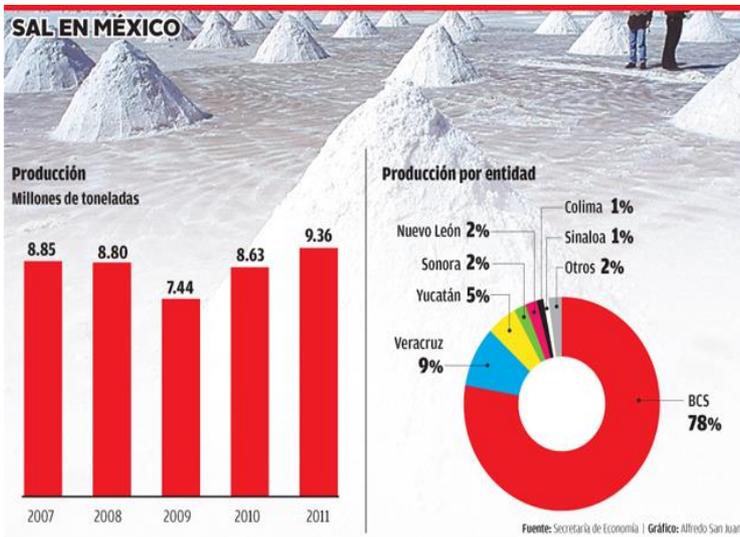
4,225 Km²

65
Km

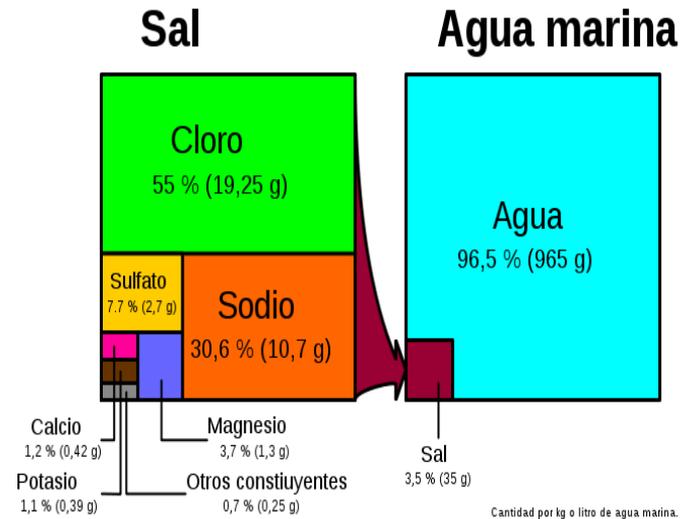


- Irradiancia de alta calidad en más de la mitad del país
- $G = 1000 \text{ W/m}^2$ promedio en estados de alta insolación
- Potencia eléctrica instalada en México : 50 GWe (Sep 2008)

La compleja contabilidad de la aportación solar en el Balance Nacional de Energía



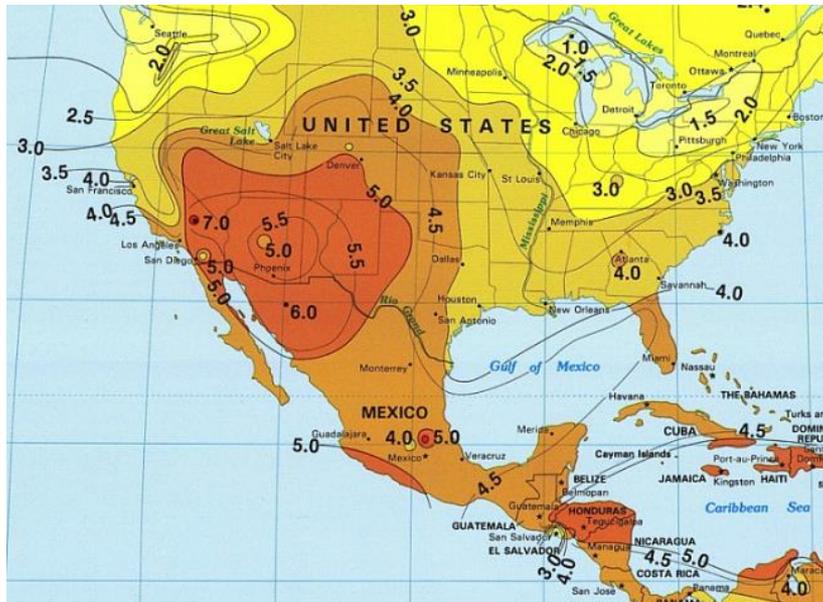
Producción nacional de sal 2007-2011 en México. Fuente: Panorama Laboral 17/01/2013, México.



Composición química de la sal marina y del agua de mar. Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Sal_marina

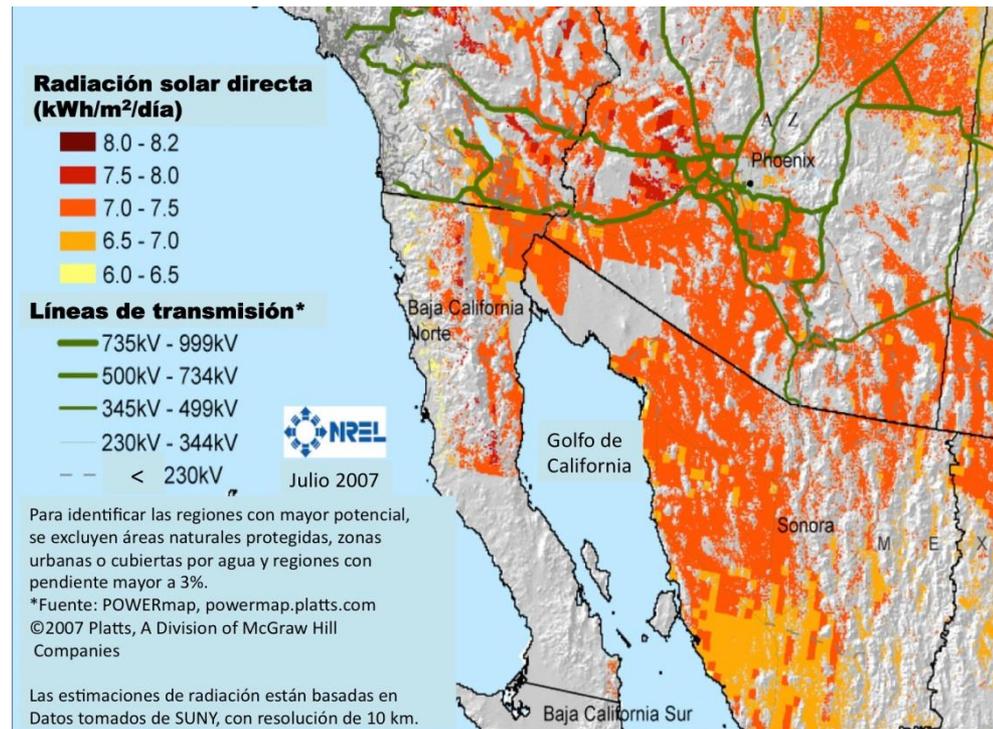
Una estimación propia indica que el consumo térmico de energía solar en 2011 para la producción de sal en México, conservadoramente fue de **602.6 PJ/año** (y representa el 44.2% de todo el consumo de energía del sector industrial).

Evaluación del recurso solar en México



Debería ser un tema de Seguridad Nacional y objetivo principal de la SENER, pero la realidad muestra que no es así.

La realidad es que solo recientemente (2015) y gracias a los esfuerzos de los académicos, ya se cuentan con herramientas y evaluaciones del recurso solar en México, además de los realizados por nuestros vecinos, pero NUNCA por el gobierno mexicano ni por sus agencias.





Potencial aproximado de las energías renovables en el mundo

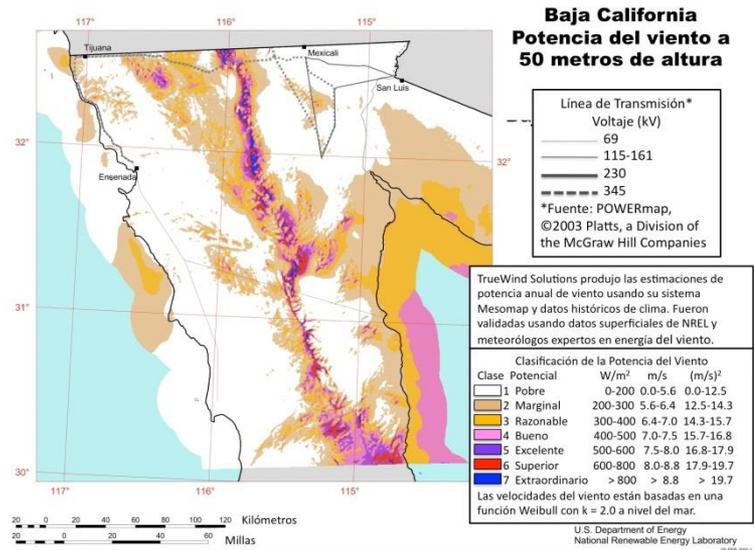
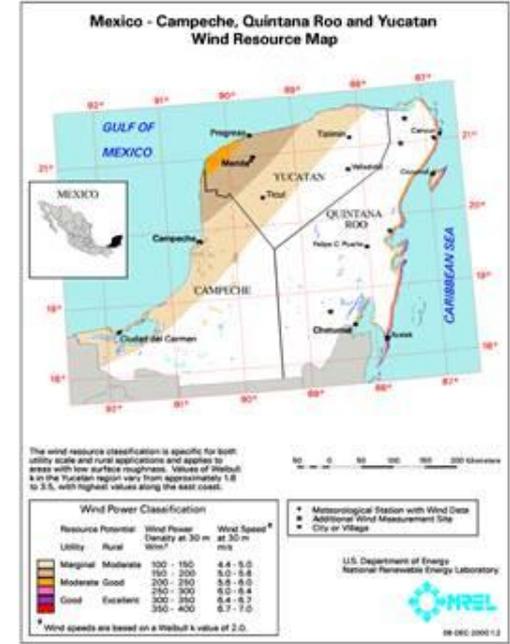
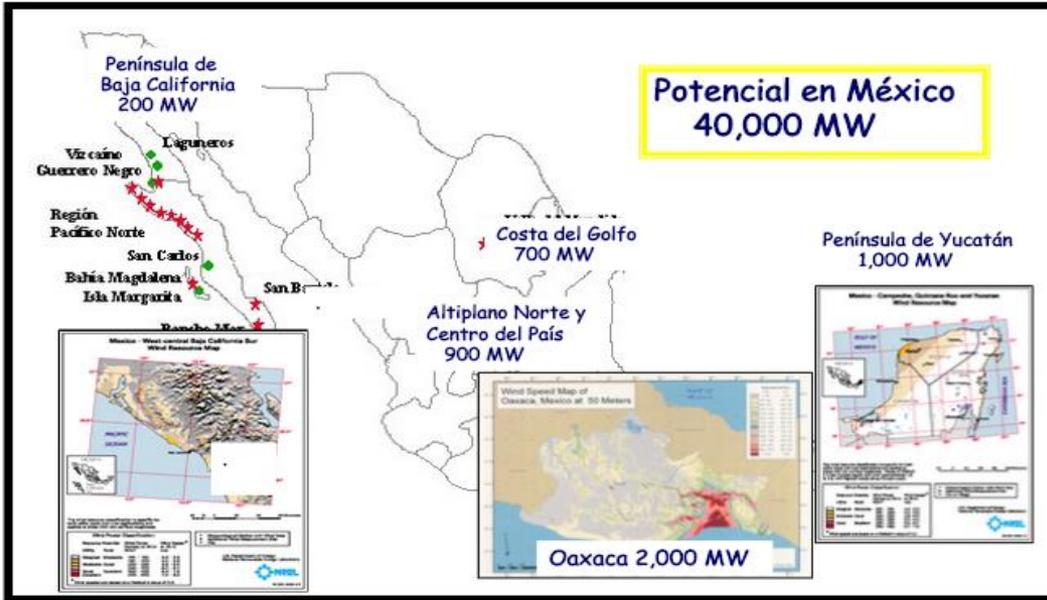
	Potencia global teórica	Técnicamente factible	Capacidad instalada (2008)
Hidráulica	4.6 TW	1.7 TW	0.9 TW
Biomasa	7 a 10 TW	5 TW	1.4 TW
Geotermia	12 TW	0.6 TW	0.054 TW
Viento	50 TW	2 a 4 TW	0.121 TW
Solar	600 TW	60 TW	0.0135 TW
Total	Apro. 676 TW	Aprox. 70 TW	2.53 TW
Nuclear	17.5 TW	10 TW	0.845 TW

1 TW = 10^{12} W : 1,000 Complejos GPE de 1,000 MW cada uno.

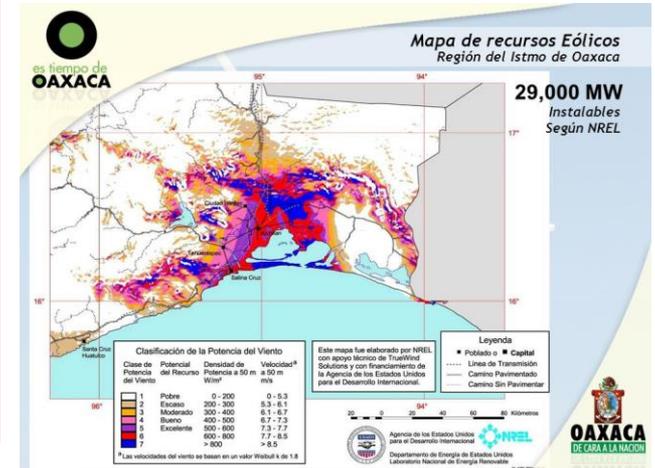
Fuente: Renewable in Global Energy Supply IEA2004 y Ren21 2009.

¿cómo están los demás recursos renovables en México en cuanto a su potencial disponibilidad?

Evaluación del recurso eólico en México



Este recurso no ha sido evaluado por la SENER, casi todo ha sido hecho por agencias internacionales

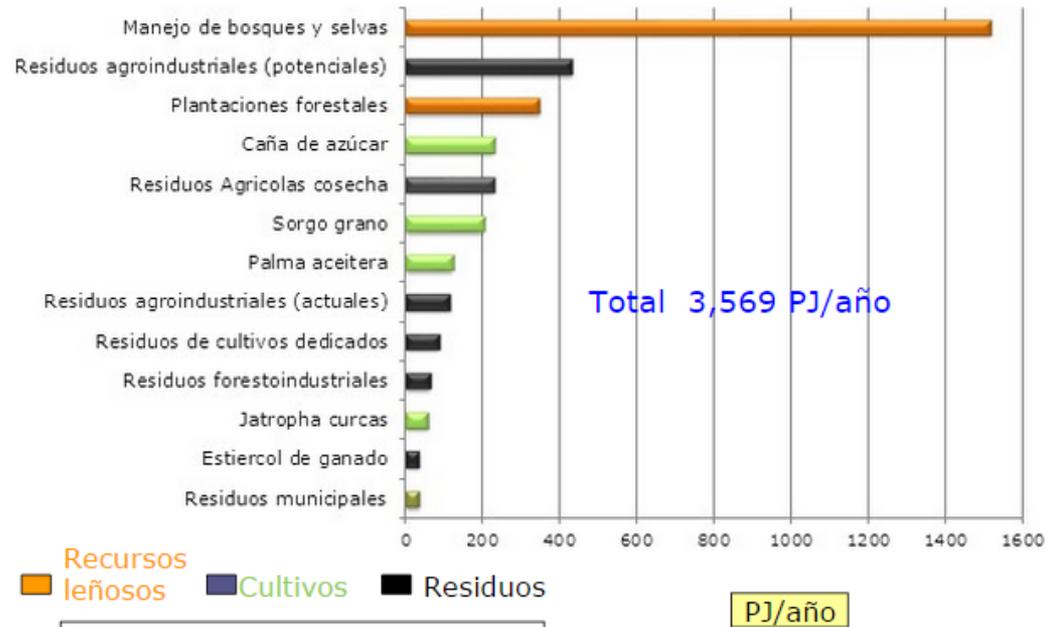


Potencial de la biomasa en México

CLASIFICACIÓN DE LA BIOMASA



Potencial técnico de biomasa



Fuente: Banco Mundial, MEDEC, 2009

PJ/año

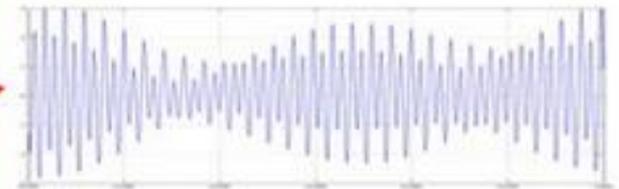
¿Dónde está el potencial? (cultivos)



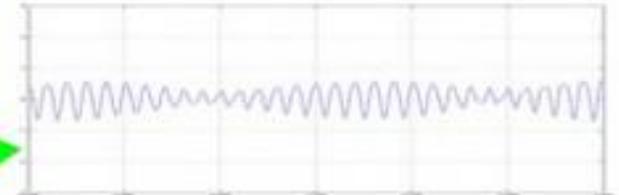
Energía oceánica en México

En México no existen centrales eléctricas que utilicen la energía de los océanos y tampoco existen proyectos de desarrollo de ningún tipo de estas centrales.

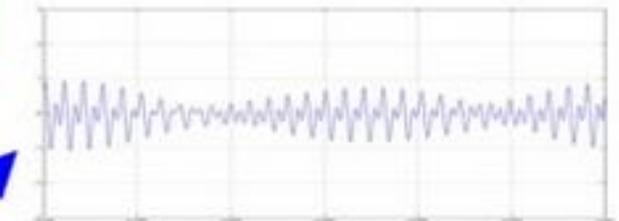
De hecho, el uso de la energía del mar no está muy extendido, de momento sólo algunos países del mundo cuentan con este tipo de tecnología



Marea máxima = 6m



Marea máxima = 1.2m



Marea máxima = 1.8m

Fuente: Instituto de Ingeniería de la UNAM

¿Podemos transitar hacia un modelo de desarrollo basado principalmente en energías renovables? ¿Es factible para el sector eléctrico y otros sectores?

La respuesta es si, aunque no es contundente.

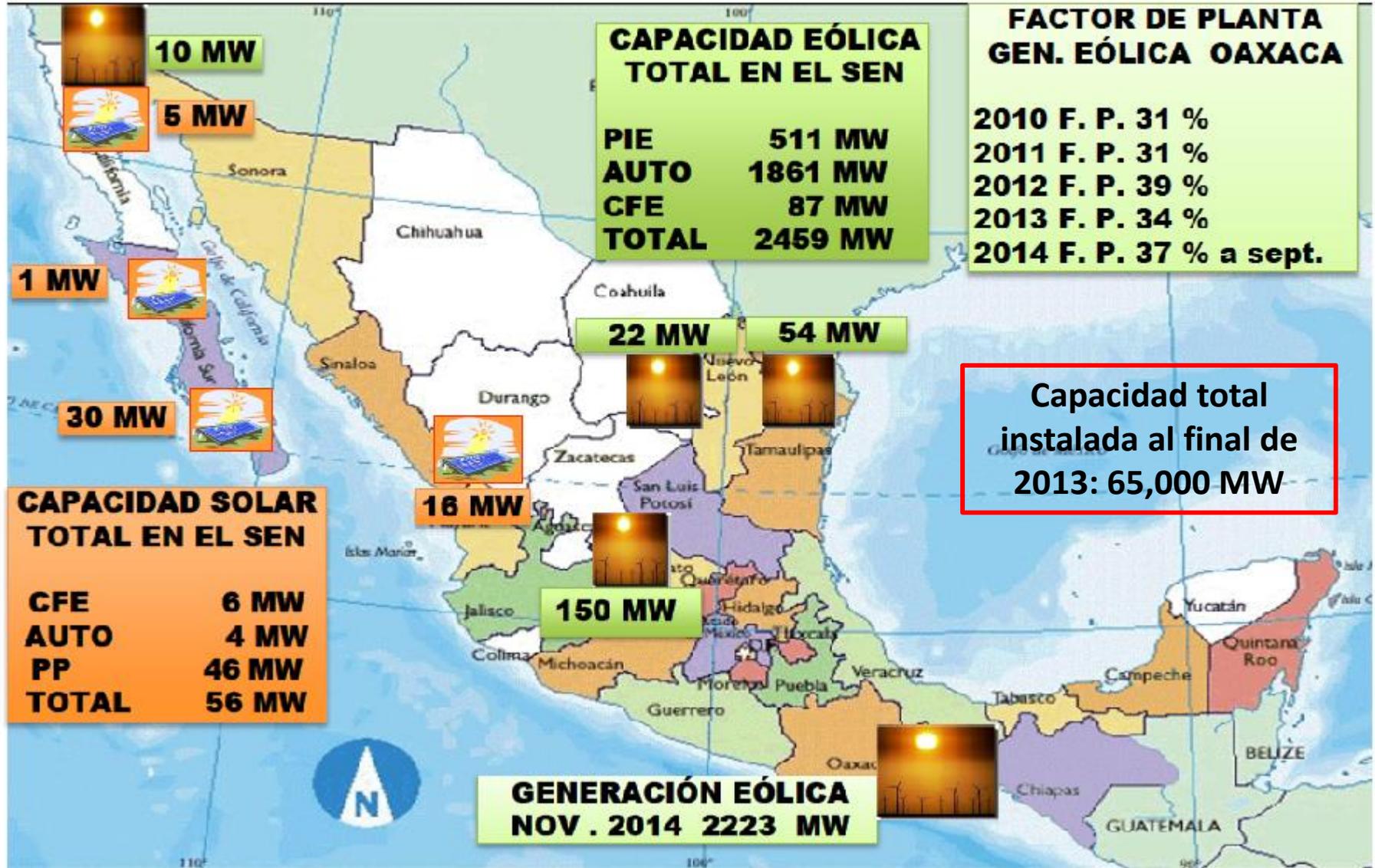
Si, porque ya existen las tecnologías adecuadas, los recursos energéticos renovables, y los recursos financieros.

Y un tibio NO porque no tenemos ni el desarrollo, ni el dominio tecnológico requerido y porque nuestro sector energético y empresarial NO está interesado en acompañar este esfuerzo, excepto como prestadores de servicios, más muy poco en la generación.

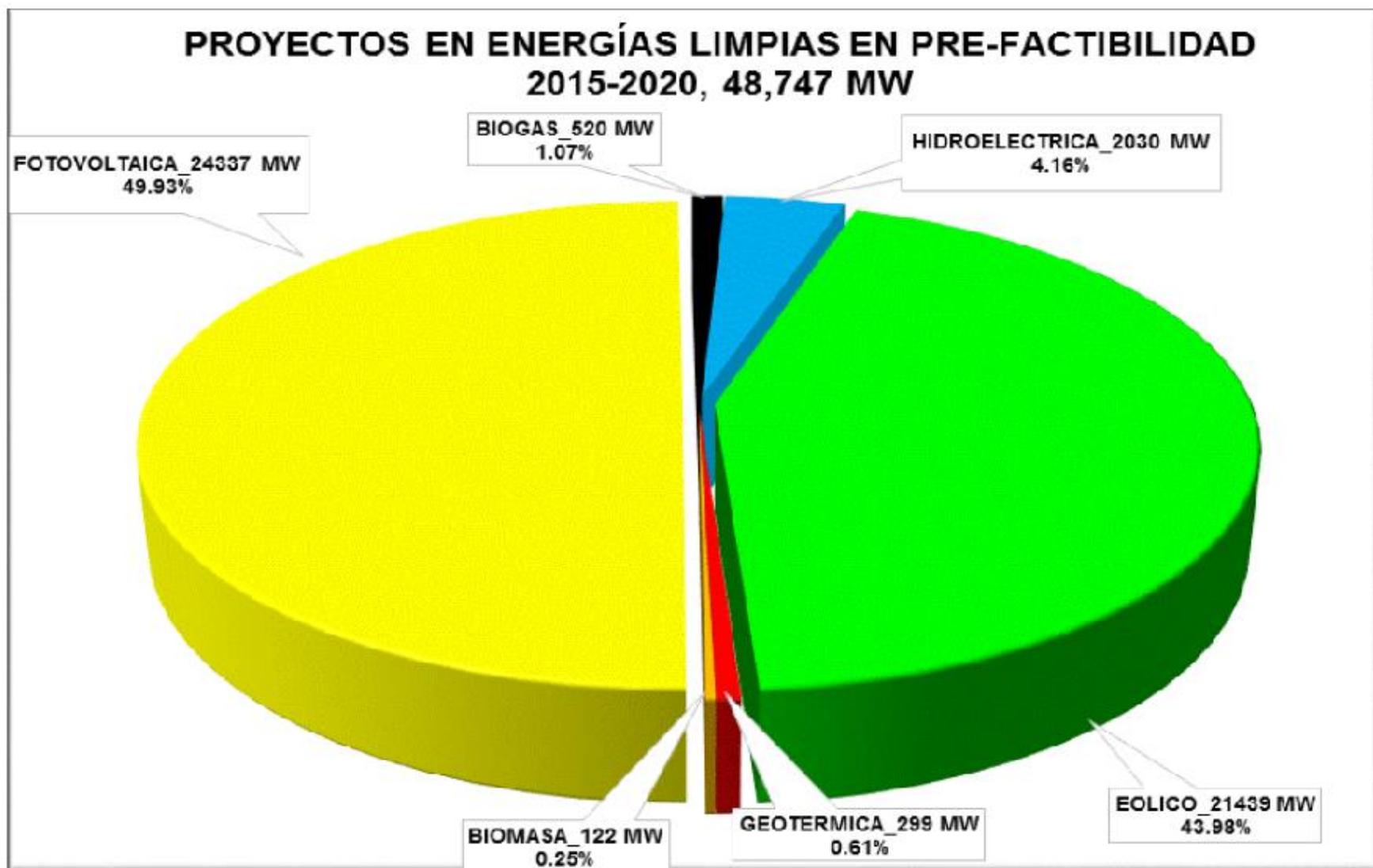
El error que NO debemos volver a cometer es dejar pasar esta oportunidad de subirnos en el “tren de la transición energética con energías renovables” (y no alternas y sin la nuclear) **para crear un desarrollo tecnológico más propio, adecuado a nuestras fuentes renovables, a nuestro nivel tecnológico, a nuestro clima, a nuestras verdaderas necesidades de desarrollo y de búsqueda de un mejor aprovechamiento de esta oportunidad,** y evitar que a nosotros solo nos sigan vendiendo proyectos “llave en mano” y que lo único que aportemos sean nuestros recursos renovables, mano de obra barata y nuestras sonrisas...

Veamos un ejemplo...

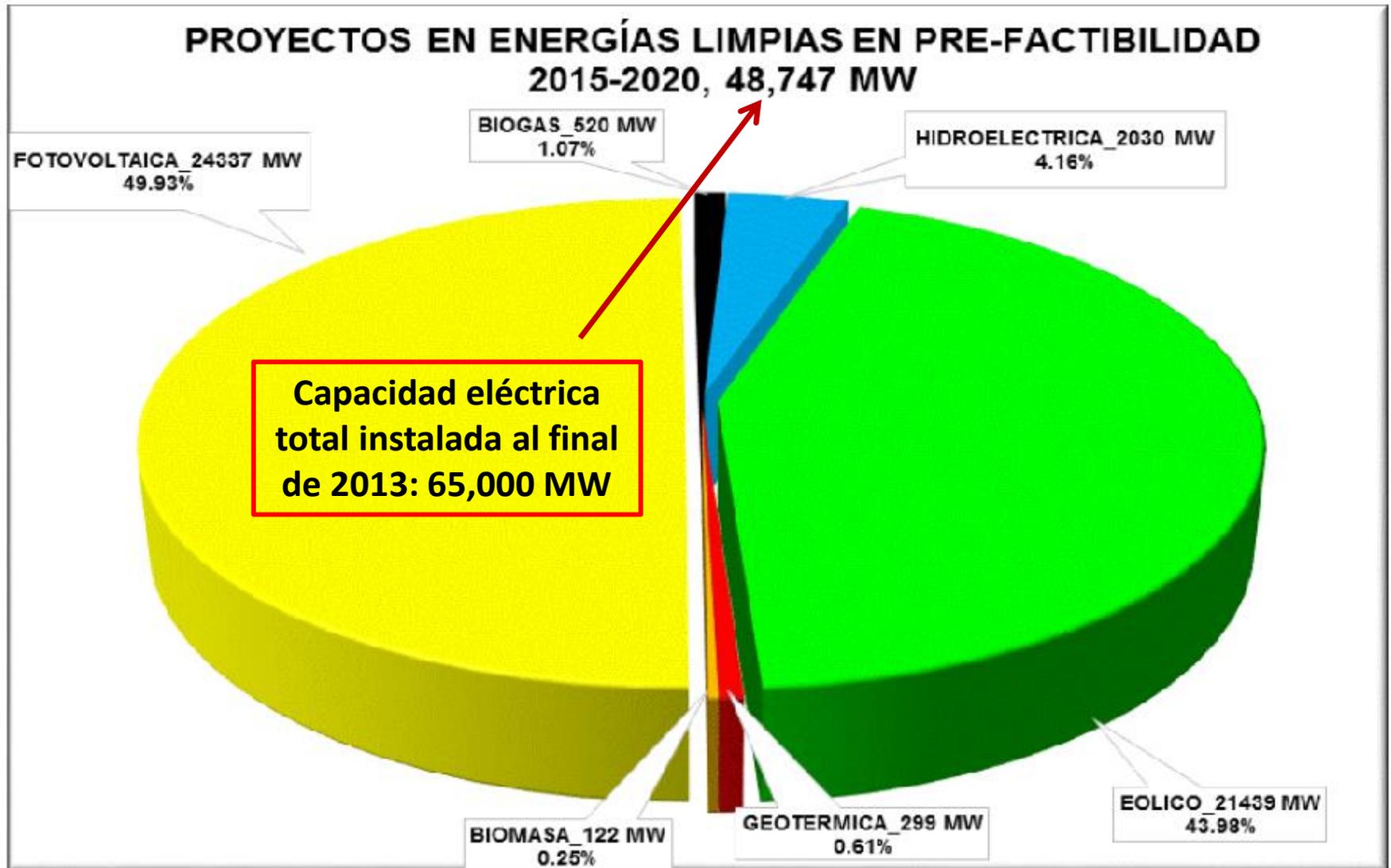
Capacidad Eólica y Solar Instalada en el Sistema Eléctrico Nacional a Noviembre de 2014.



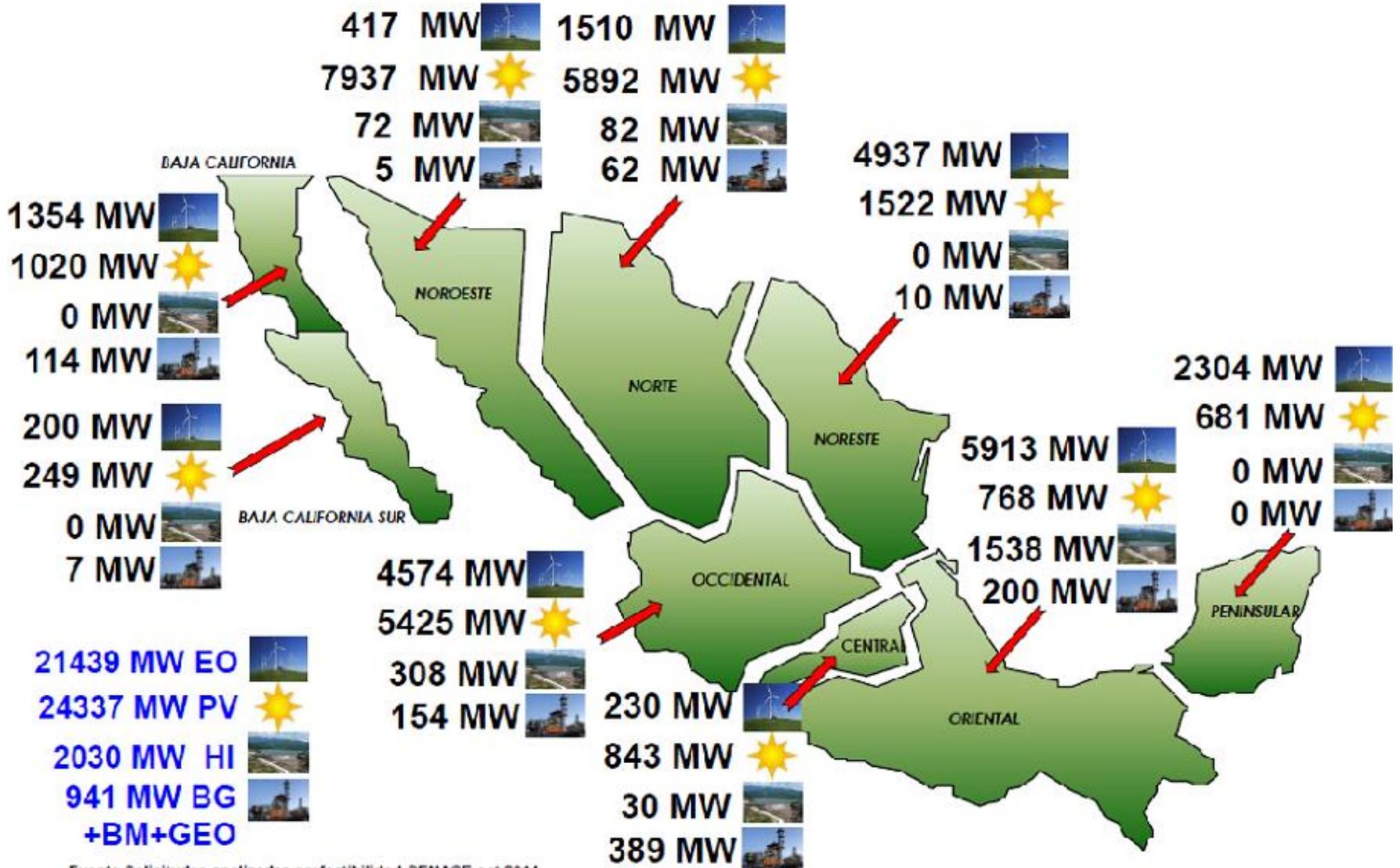
TIPO DE GENERACIÓN LIMPIA EN PROYECTOS DE PRE-FACTIBILIDAD CFE Y SOLICITUDES DE PERMISIONARIOS.



TIPO DE GENERACIÓN LIMPIA EN PROYECTOS DE PRE-FACTIBILIDAD CFE Y SOLICITUDES DE PERMISIONARIOS.



Pre-factibilidades de Generación Limpia 2015-2020

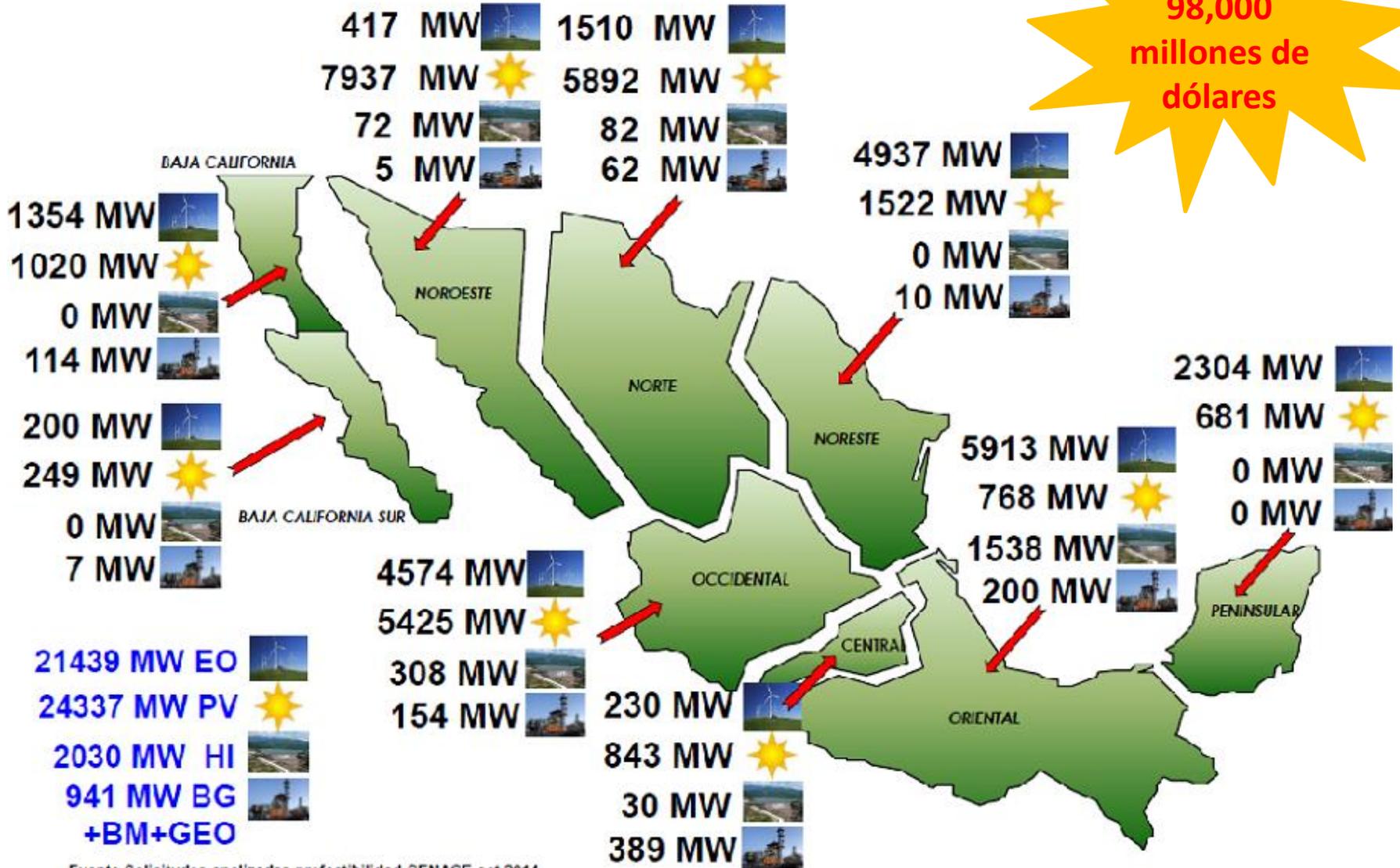


Fuente Solicitudes analizadas prefactibilidad CENACE oct 2014

Pre-factibilidades de Generación Limpia

2015-2020

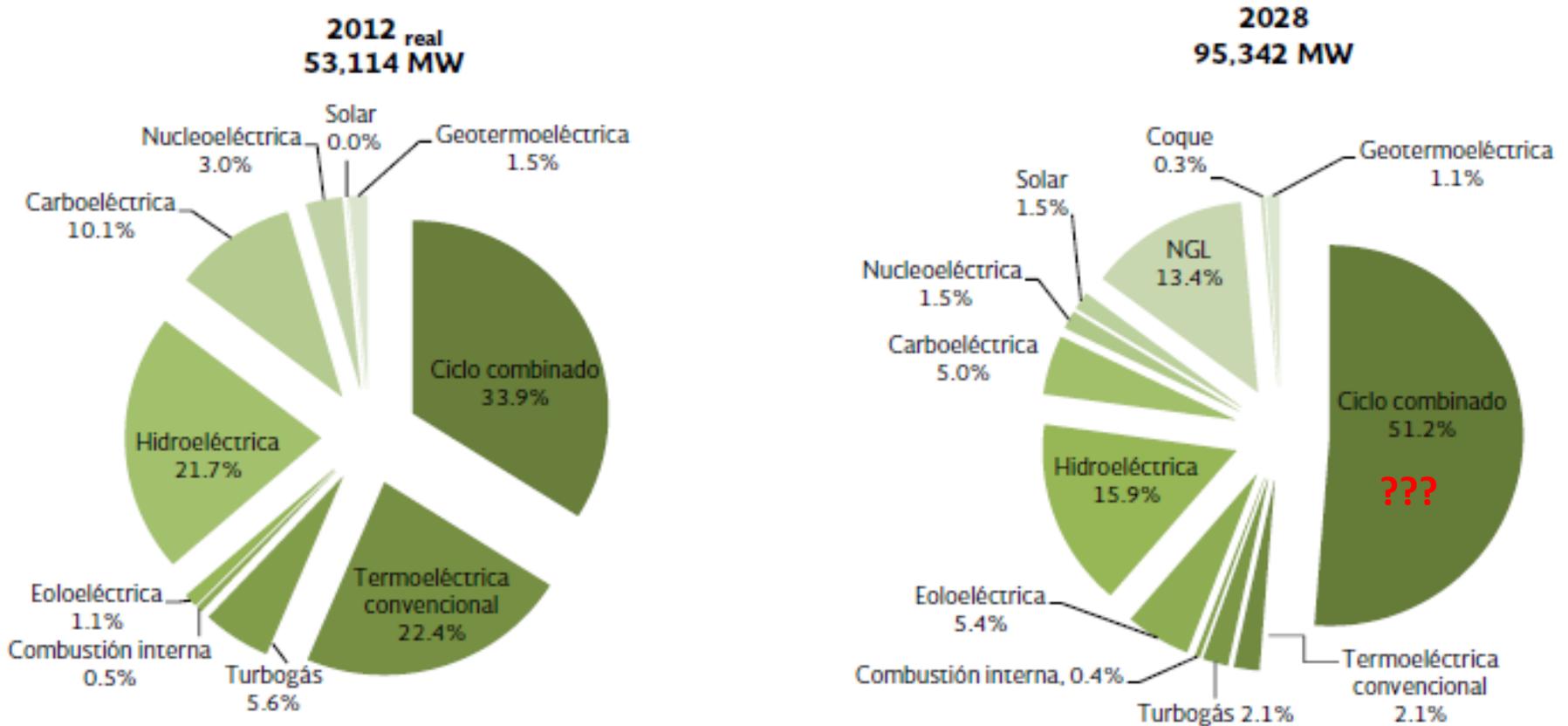
98,000 millones de dólares



21439 MW EO
24337 MW PV
2030 MW HI
941 MW BG
+BM+GEO

Fuente Solicitudes analizadas prefactibilidad CENACE oct 2014

¿Con qué lógica de planeación y de recursos energéticos se realizó esta prospectiva para CFE?



Fuente: SENER con información de CFE.

¡Porqué es totalmente absurda (el gas natural se importa) y en sentido contrario al desarrollo sustentable y a lo que está sucediendo en el mundo!

El mundo se mueve intensamente hacia el uso masivo de las ER

Plan para reducir las emisiones de carbono hasta 2030
Obama quiere dejar un 'legado limpio' y cambiar el carbón por las energías renovables

“Solo tenemos un hogar, solo tenemos un planeta. No hay plan B para esto”. Su objetivo es que las emisiones de las plantas de generación eléctrica de ese país sean en 2030 un 32% inferiores a lo que eran en 2005



6 propuestas del papa Francisco para revertir el cambio climático

El pontífice publicó su encíclica 'Laudato Si' en la que pide a la humanidad tomar acción para cuidar el medio ambiente

1. Reducir CO2 y gases contaminantes
2. Agricultura sostenible
3. Menos aire acondicionado





LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FINANCIAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 2008

TEXTO VIGENTE

Últimas reformas publicadas DOF 07-06-2013

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Presidencia de la República.

FELIPE DE JESÚS CALDERÓN HINOJOSA, Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, a sus habitantes sabed:

Que el Honorable Congreso de la Unión, se ha servido dirigirme el siguiente

DECRETO

“EL CONGRESO GENERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, D E C R E T A:

SE EXPIDE LA LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FINANCIAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

ARTÍCULO ÚNICO. Se expide la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, para quedar como sigue:

LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FINANCIAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Capítulo I.- Disposiciones Generales

Artículo 1o.- La presente Ley es de orden público y de observancia general en toda la República Mexicana. Tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.

Se excluye del objeto de la presente Ley, la regulación de las siguientes fuentes para generar electricidad:

- I. Minerales radioactivos para generar energía nuclear;
- II.- Energía hidráulica con capacidad para generar más de 30 megawatts, excepto cuando:
 - a) Se utilice un almacenamiento menor a 50 mil metros cúbicos de agua o que tengan un embalse con superficie menor a una hectárea y no rebase dicha capacidad de almacenamiento de agua. Estos embalses deberán estar ubicados dentro del inmueble sobre el cual el generador tenga un derecho real.
 - b) Se trate de embalses ya existentes, aún de una capacidad mayor, que sean aptos para generar electricidad.

¡Nosotros en México,
también, pero hagámoslo
con inteligencia!



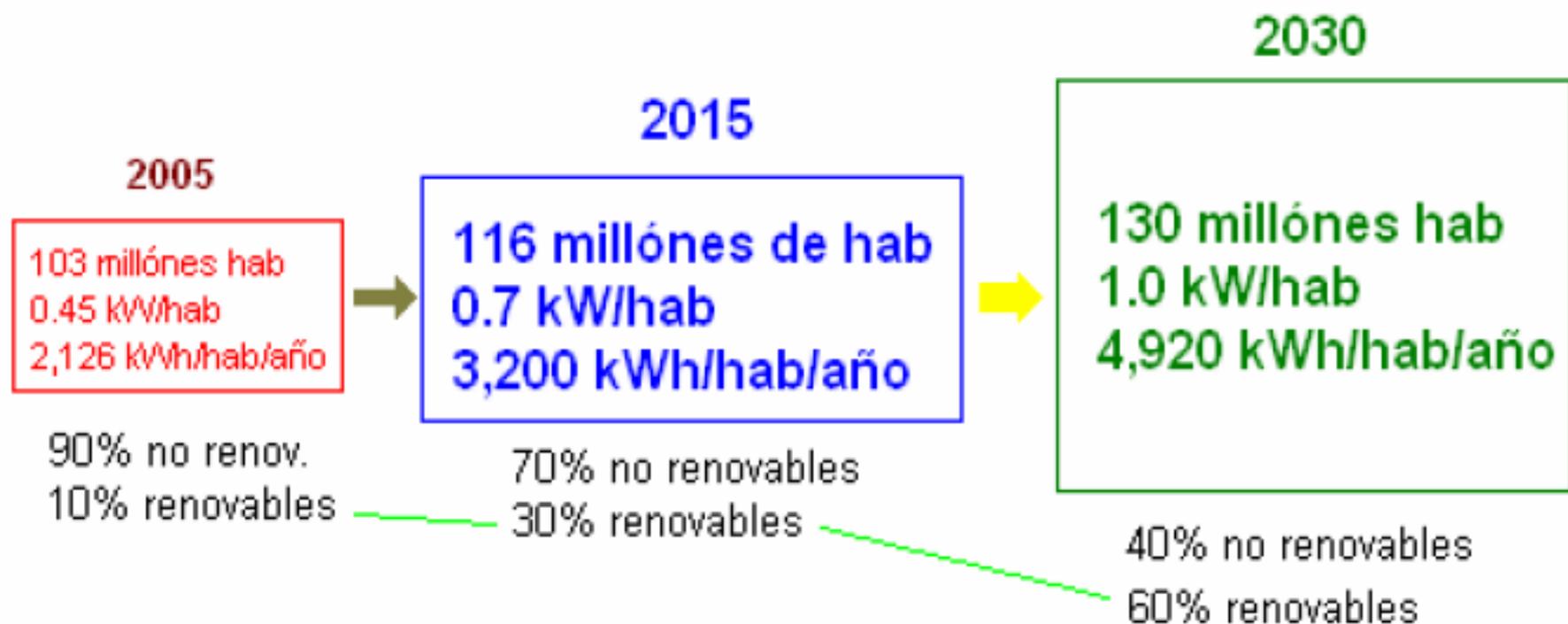
rjdr@correo.azc.uam.mx

¡Gracias por su atención!

11 22:41

Metas de crecimiento del sector eléctrico a nivel nacional

Evolución de la capacidad instalada y de generación del sector eléctrico 2005-2015-2030



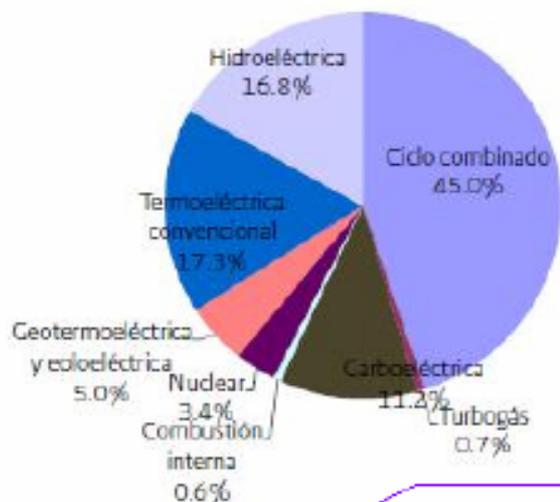
Fuente: elaboración propia, 2007

La generación de energía eléctrica a pequeña y gran escala

Proyección de la generación bruta del servicio público por tipo de tecnología, 2008-2017

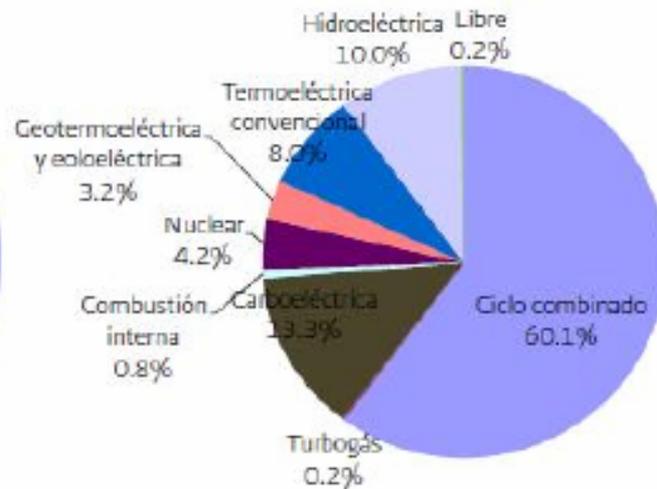
Año 2008¹

237,382 GWh



Año 2017

318,631 GWh

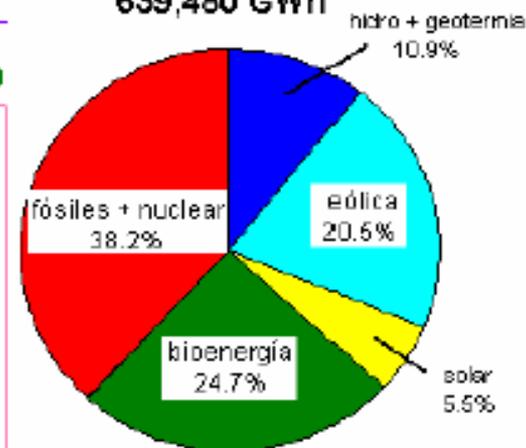


propuesta del gobierno federal y de la CFE

esto lo propongo yo

año 2030

639,480 GWh



capacidad instalada 2007

hidro	11,343 MW
geotermia	960 MW
eólica	82 MW
solar	6 MW
bioenergía	4,000 MW
hidrog + ocean	0 MW

capacidad adicional CFE + privados al 2017

hidro	1,210 + 1,500 MW (priv.)
geotermia	233 MW
eólica	507 MW + 2,500 (priv.) + 5,000 MW (posibles)
solar	40 MW + 5,000 MW posibles
bioenergía	6,000 MW (posibles)

capacidad instalada al 2030

hidro + geoter	20,000 MW
eólica	30,000 MW
solar	15,000 MW
bioenergía	30,000 MW
hidrog + oceánico	100 MW
fósiles + nuclear	35,000 MW

Mini centrales hidroeléctricas

Capacidad instalada

Meta al 2015: 18,707 MW

17,718 MW (CFE)

189 MW permisos CRE

400 MW Valdez (Pue+Ver)

400 MW otros estados



Generación bruta de energía

Meta al 2015: 56,280 GWh

48,115 GWh CFE

965 GWh permisos CRE

3,600 GWh Pue+Ver

3,600 GWh otros estados



El Arte y la Ciencia de la Ingeniería en

Generación eoloeléctrica



La Venta II, CFE 2007



Tan solo en la zona de La Ventosa en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, se estima un potencial eoloeléctrico de mas de 10,000 MW y una generación anual cercana a los 35,000 GWh con un factor de planta de 0.4

LOS "CINCO ELEMENTOS" COMO FUENTES DE PODER

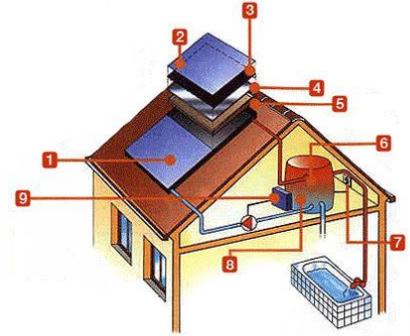
El 2014 podrá verse como el año en que México comenzó a tomarse en serio la búsqueda de fuentes de energía renovables. Y puede decirse que arancó con iniciativas que involucran a tres de los cuatro elementos clásicos: el fuego (energía solar), la tierra (energía geotérmica) y el aire (energía eólica). Pero además se espera que en este año se incorpore el cuarto elemento, el agua (energías del océano), y el no tan clásico quinto... No, no es una persona, es la vida (bioenergéticos).



Necesitamos transitar rápidamente de un sistema energético ineficiente, muy caro y muy “sucio” basado en combustibles fósiles **NO RENOVABLES**, a un nuevo sistema más eficiente y rentable, más limpio y basado, principalmente, en **ENERGÍAS RENOVABLES**, las cuales “abundan” en México

El nuevo paradigma DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

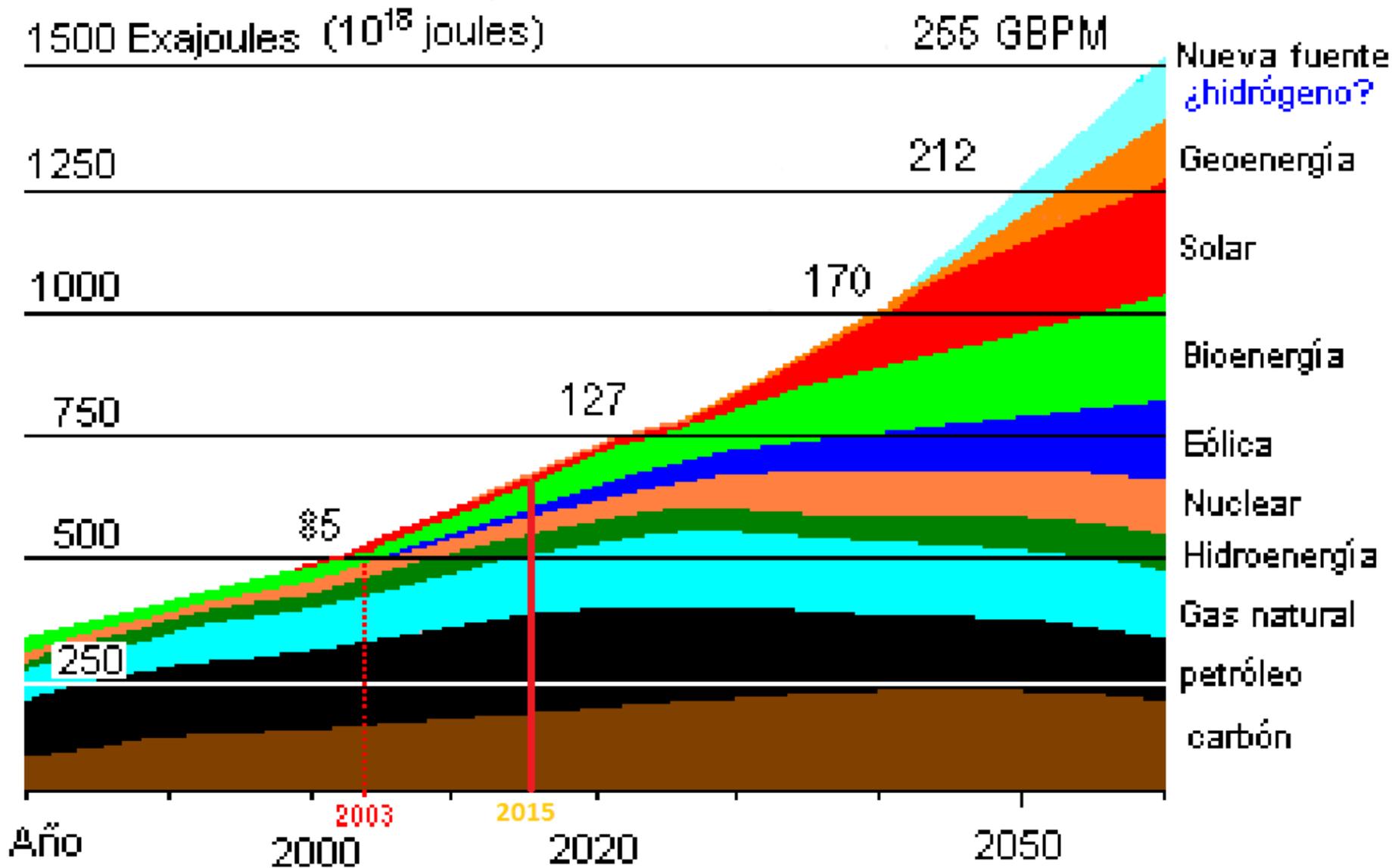
El nuevo concepto que se debe privilegiar en una transición energética debe ser considerando NO solamente la forma de producir y consumir energía **EFICIENTEMENTE**, sino en la forma de **cosechar** energía y al mismo tiempo agua, alimentos, oxígeno, ecosistemas, riqueza, etc.



Los consumidores debemos pasar de una actitud pasiva a una actitud activa, es decir, **generando y cosechando** nuestra propia energía.



Escenario posible hasta el 2050 de uso mundial de energía primaria

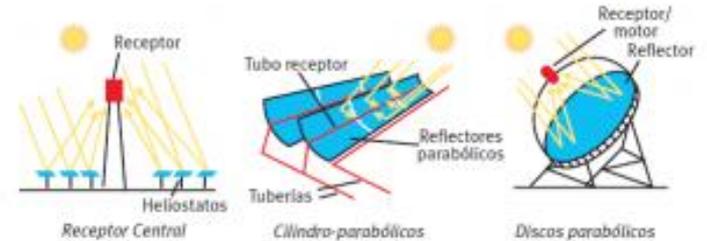


GBPM = miles de millones de barriles de petróleo equivalente

Fuente: Shell International Limited y RDR, 2015

Tecnologías con energías renovables

Solar térmica



- ❖ calentamiento solar de fluidos desde baja hasta alta temperatura,
- ❖ tratamiento solar térmico de materiales,
- ❖ generación solar-térmica de electricidad,
- ❖ generación solar-térmico de hidrógeno,
- ❖ tratamiento solar de aguas residuales y salobres,
- ❖ secado solar de productos y desalinización.



Tecnologías con energías renovables

Solar fotovoltaica

- ❖ Sistemas FV para la generación de electricidad
 - con silicio cristalino, policristalino o amorfo
 - con recubrimientos líquidos
- ❖ generación de bajas temperaturas (frío) con semiconductores (efecto Peltier)



Tecnologías con energías renovables

EDIFICACIONES BIOCLIMÁTICAS

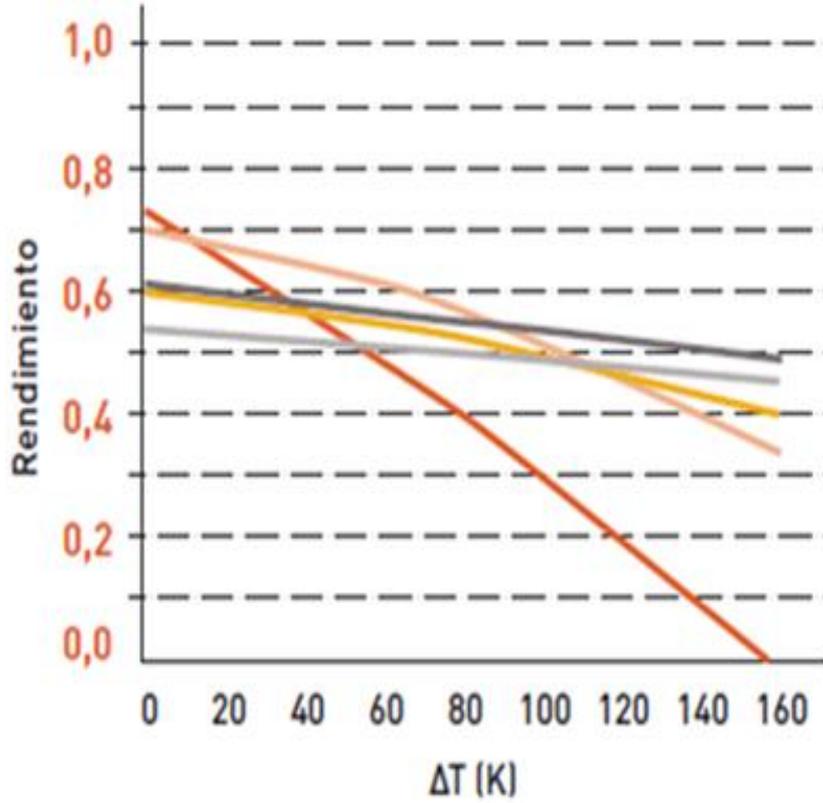
- ❖ Materiales de construcción,
- ❖ Ventanas,
- ❖ Recubrimientos,
- ❖ sombreados con techos voladores,
- ❖ pisos generadores de electricidad,
- ❖ Arropamientos.



Energía solar térmica



Los sistemas de captación solar de baja, media y alta temperatura



- Captador plano
- Captador plano de vacío
- Tubo de vacío
- Tubo de vacío con CPC
- Cilindro-parabólico

Radiación:
800 W/m² directa
200 W/m² difusa



Plantas termosolares de potencia



Gigantescas plantas solar-eléctricas de torre central. Abengoa solar, Salucar, España, 51 MW



Plantas termosolares con tecnología de canal parabólico, propiedad de SENER, España, 100 MW.

Los equipos de almacenamiento térmico de pequeña y gran escala



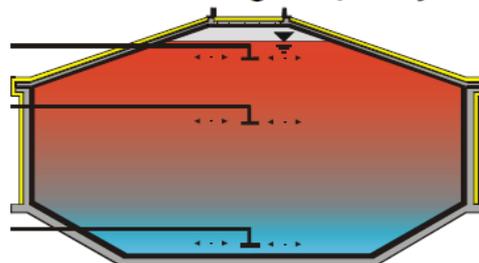
Almacenamiento térmico a pequeña escala



Almacenamiento térmico a gran escala

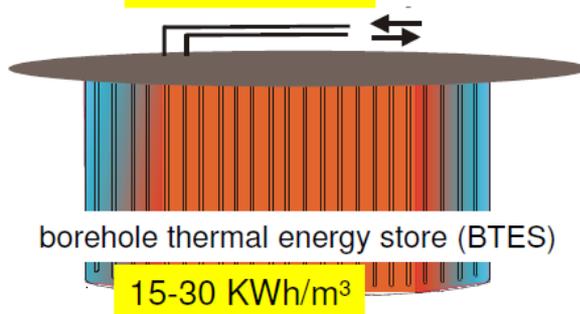
Storage capacity:

$$\frac{Q}{V} = \rho \cdot c \cdot (\vartheta_{\max} - \vartheta_{\min})$$



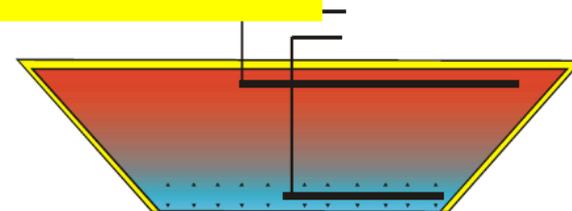
hot water tank thermal energy store (HW TES)

60-80 KWh/m³



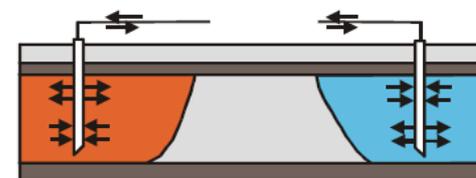
borehole thermal energy store (BTES)

15-30 KWh/m³



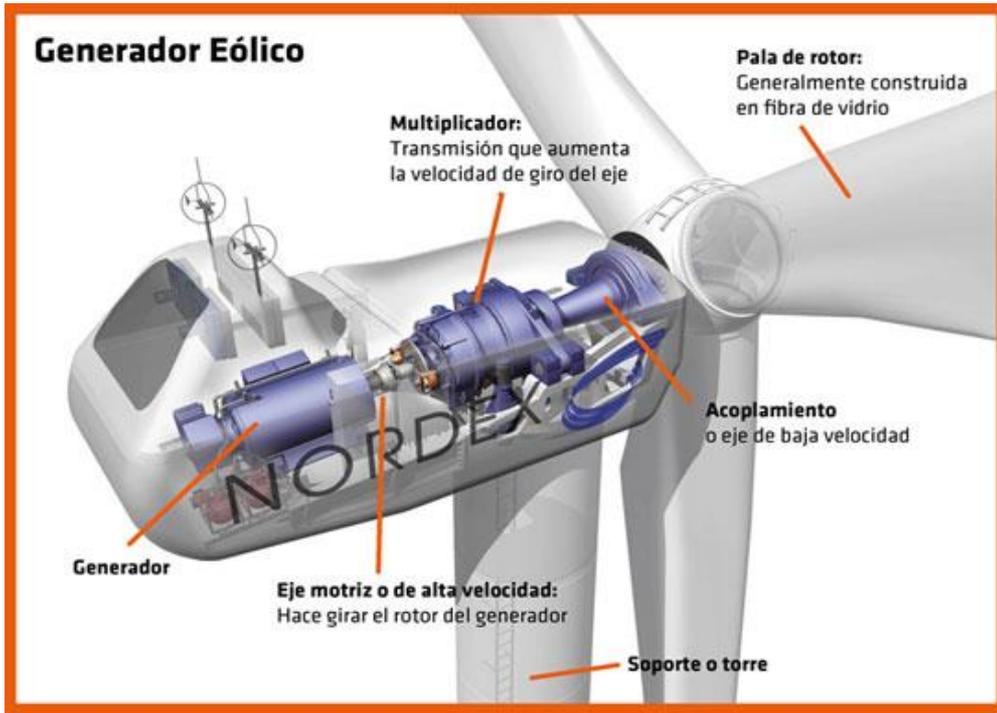
pit thermal energy store (PTES)

~55 KWh/m³



aquifer-thermal energy store (ATES)

30-40 KWh/m³



Fuente: <http://javisarrio.com/como-funciona-un-generador-eolico/>

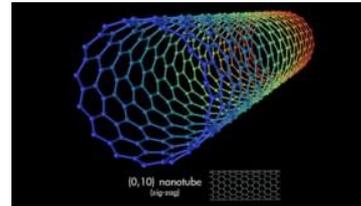


El control de la temperatura dentro de un aerogenerador

Evolución histórica de los aerogeneradores, en potencia y en tamaño



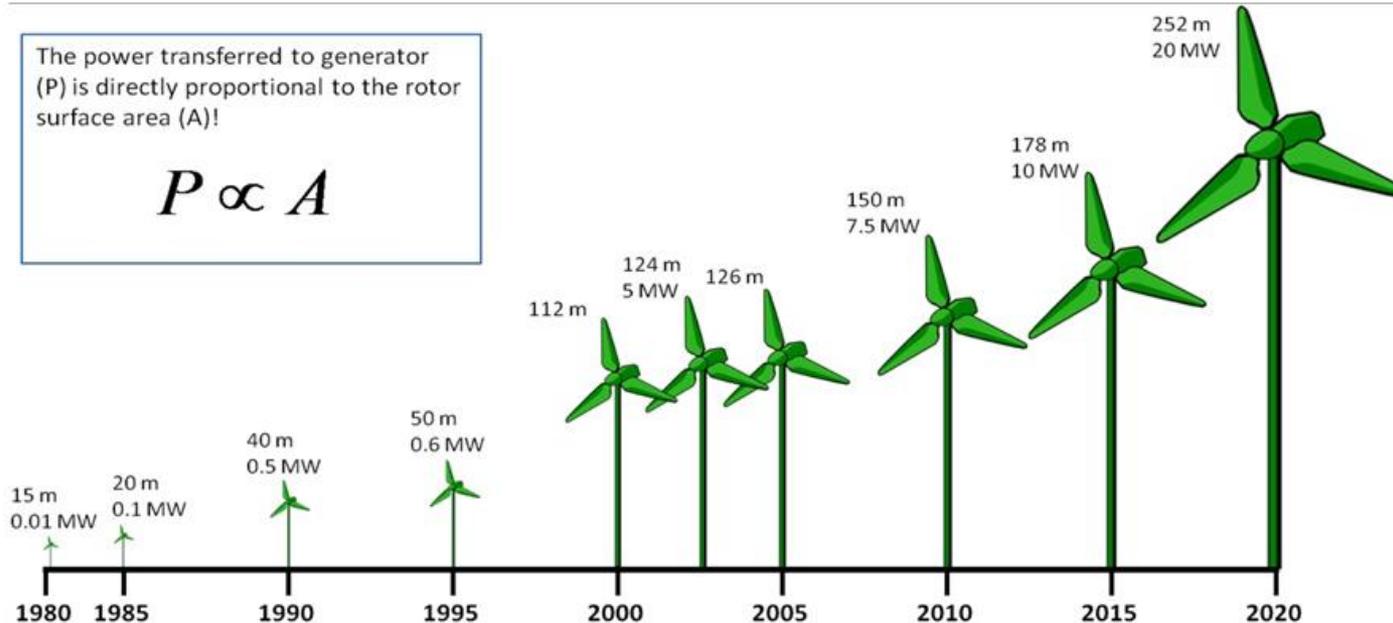
resina de poliuretano reforzada con nanotubos de carbono



306 m

The power transferred to generator (P) is directly proportional to the rotor surface area (A)!

$$P \propto A$$



Fuente: <http://desenchufados.net/los-nanotubos-de-carbono-pueden-hacer-posible-palas-de-aerogeneradores-de-250-metros/2014> y RDR..

Manufactura del aerogenerador más grande del mundo (2013)



El SWT-6.0-154, de Siemens, tendrá una hoja de 75 metros de largo que trabajará junto con una turbina de 6 MW. Las aspas se construyen con un nuevo proceso de fabricación llamado IntegralBlade.

