

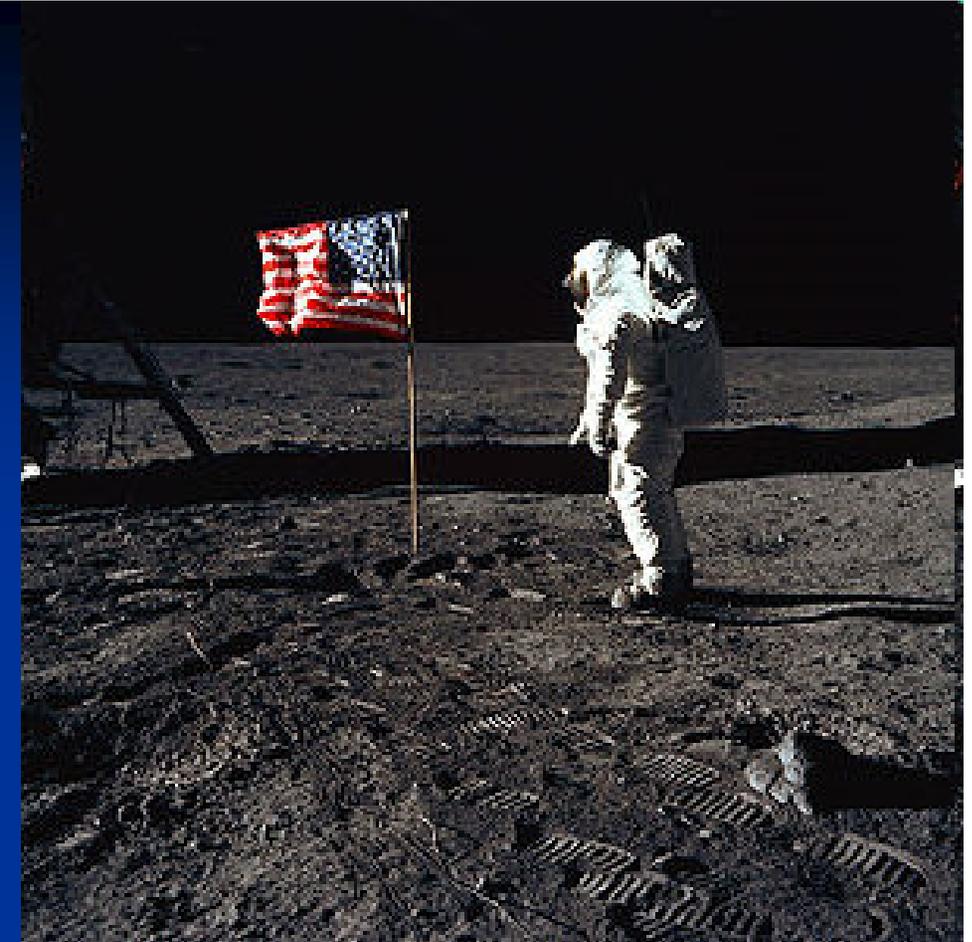


# **ELECTRICIDAD DESDE ESTACION ESPACIAL SOLAR (EEES o SBPS)**

Material para la asignatura "Tecnología de la Energía", Post grado "Economía y Políticas Energéticas (UNIMET)". Prof: **Ing. Nelson Hernández**



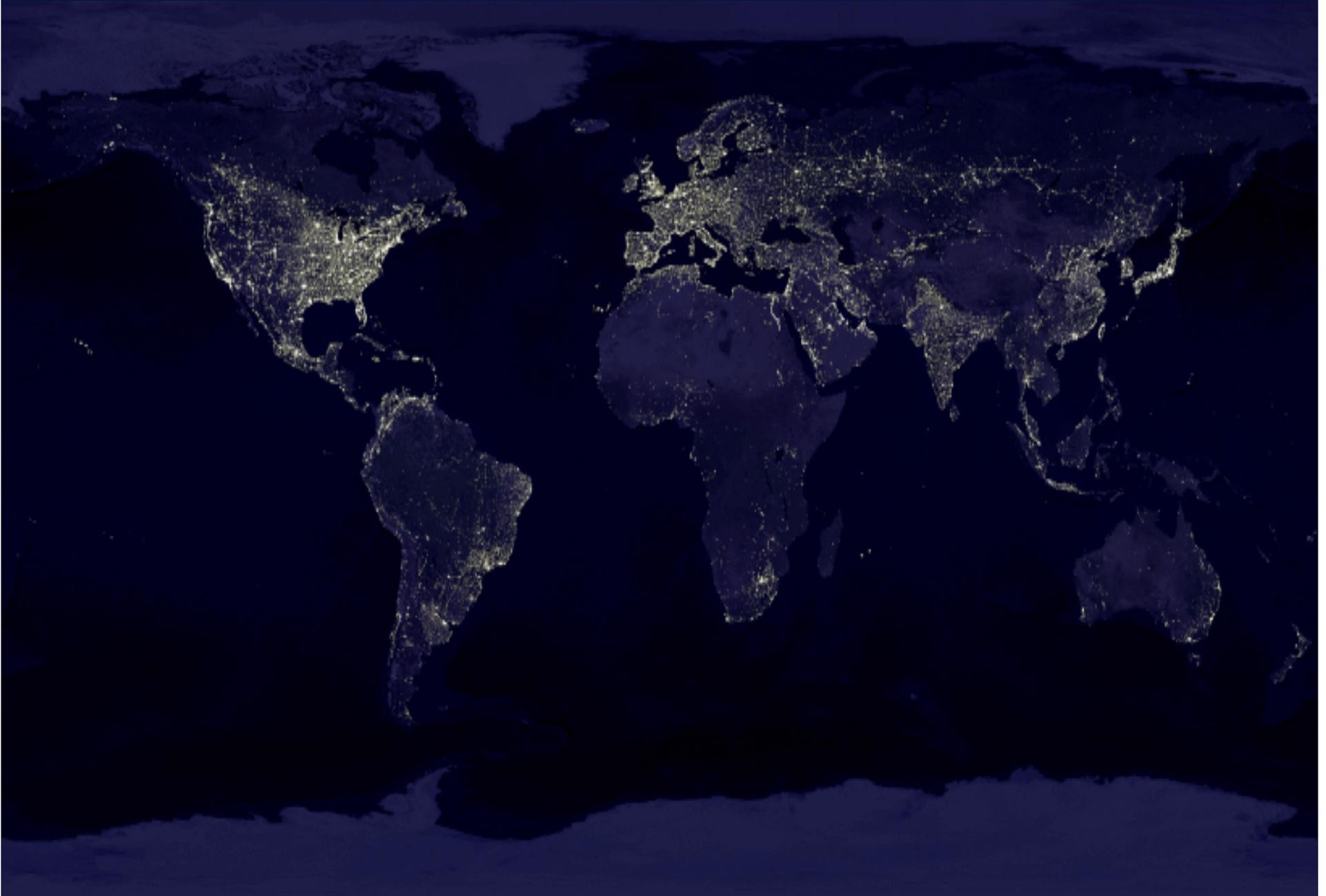
**Primer huella del hombre en la Luna. Foto de la huella de la bota del astronauta Aldrin (julio 1969)**



**El astronauta Aldrin rinde tributo a la bandera de los Estados Unidos izada en la Luna (julio 1969)**

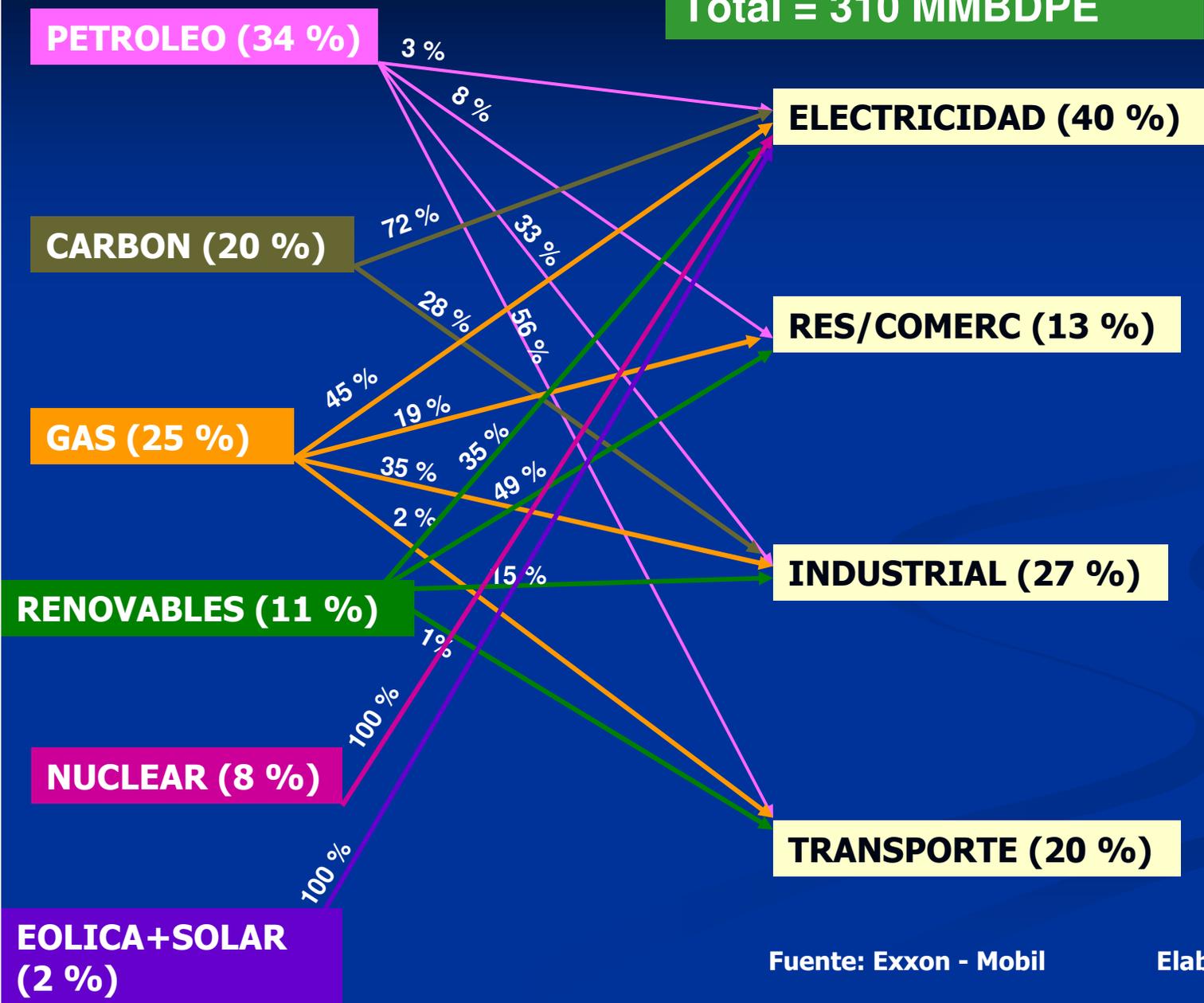
**... Se cumplen 40 años de uno de los grandes anhelos del hombre, "la conquista del espacio". Hoy de nuevo estamos viendo, como tanta veces hemos hecho en busca de respuesta a nuestros problemas individuales o colectivos, hacia el cielo para solventar la problemática energética mediante estaciones espaciales para la conversión de la luz solar en electricidad.**

## Consumo mundial de electricidad nocturna

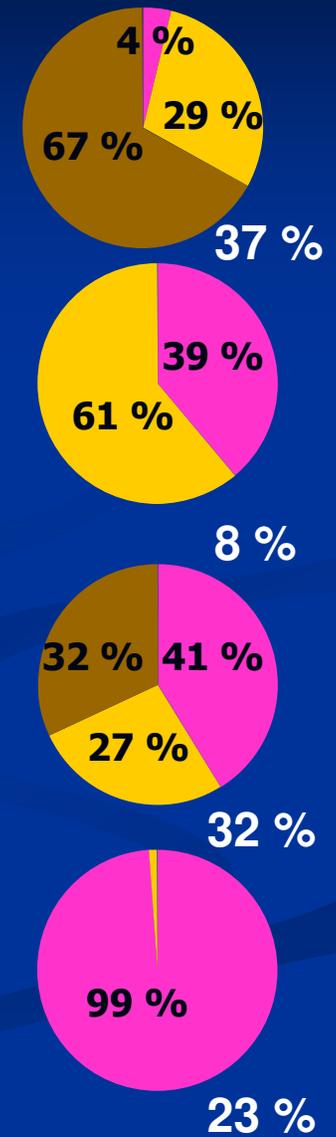


# Pronostico Consumo Mundial de Energía al 2030

**Total = 310 MMBDPE**



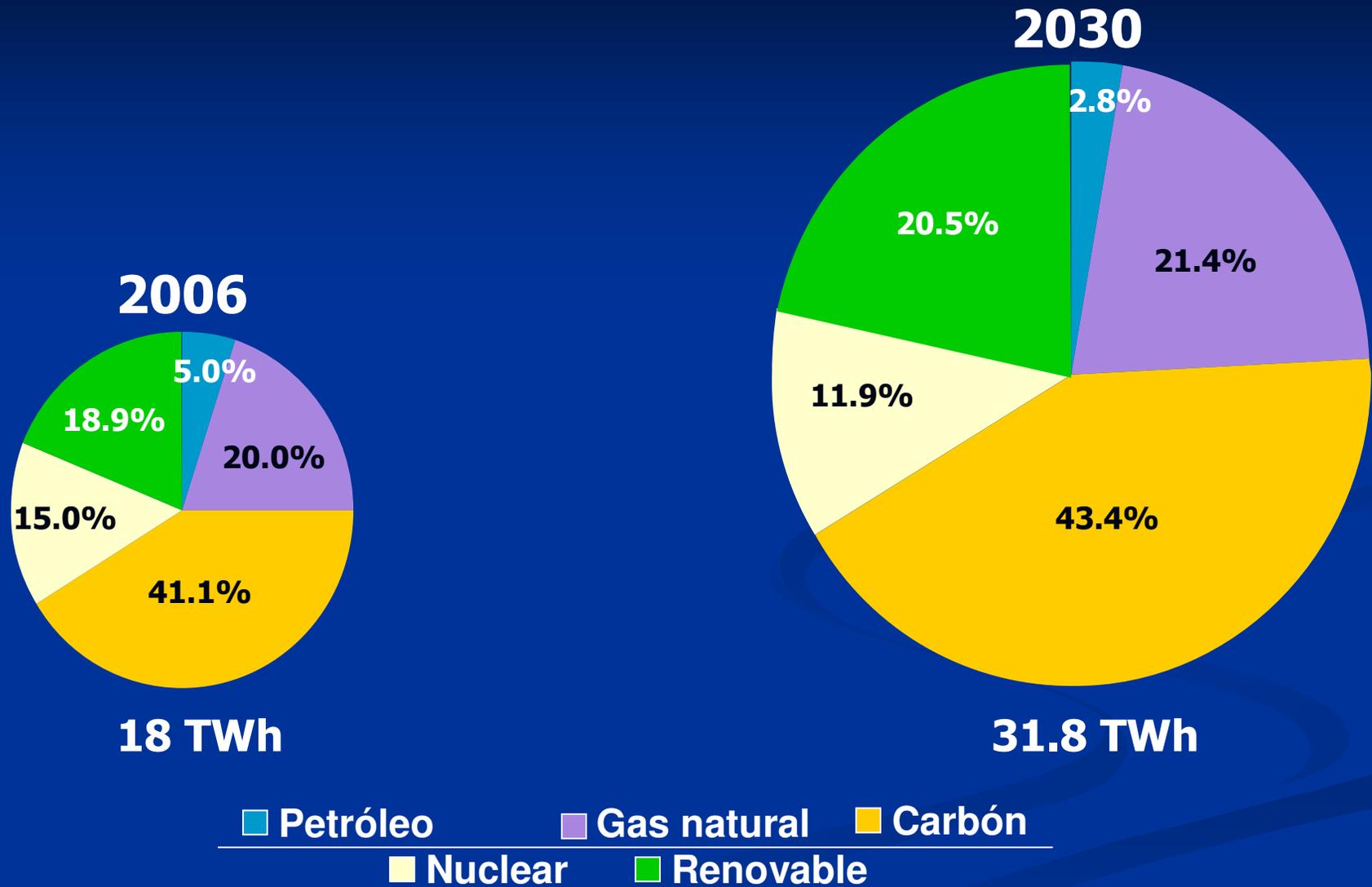
**Emisión CO2**  
Total = 33.5  
millardos TM



Fuente: Exxon - Mobil

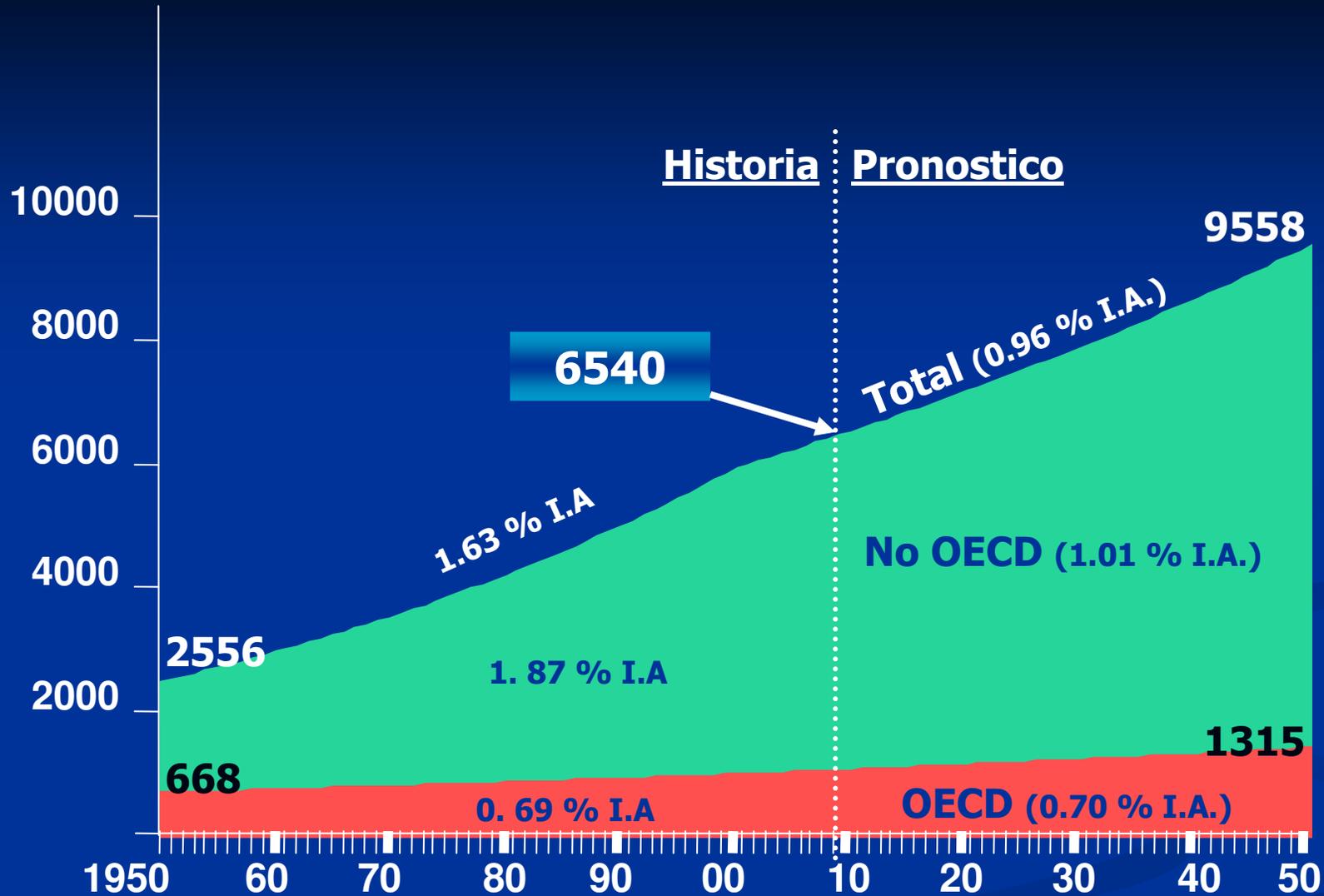
Elaboración: N. Hernández

# Generación mundial de electricidad por tipo de combustible

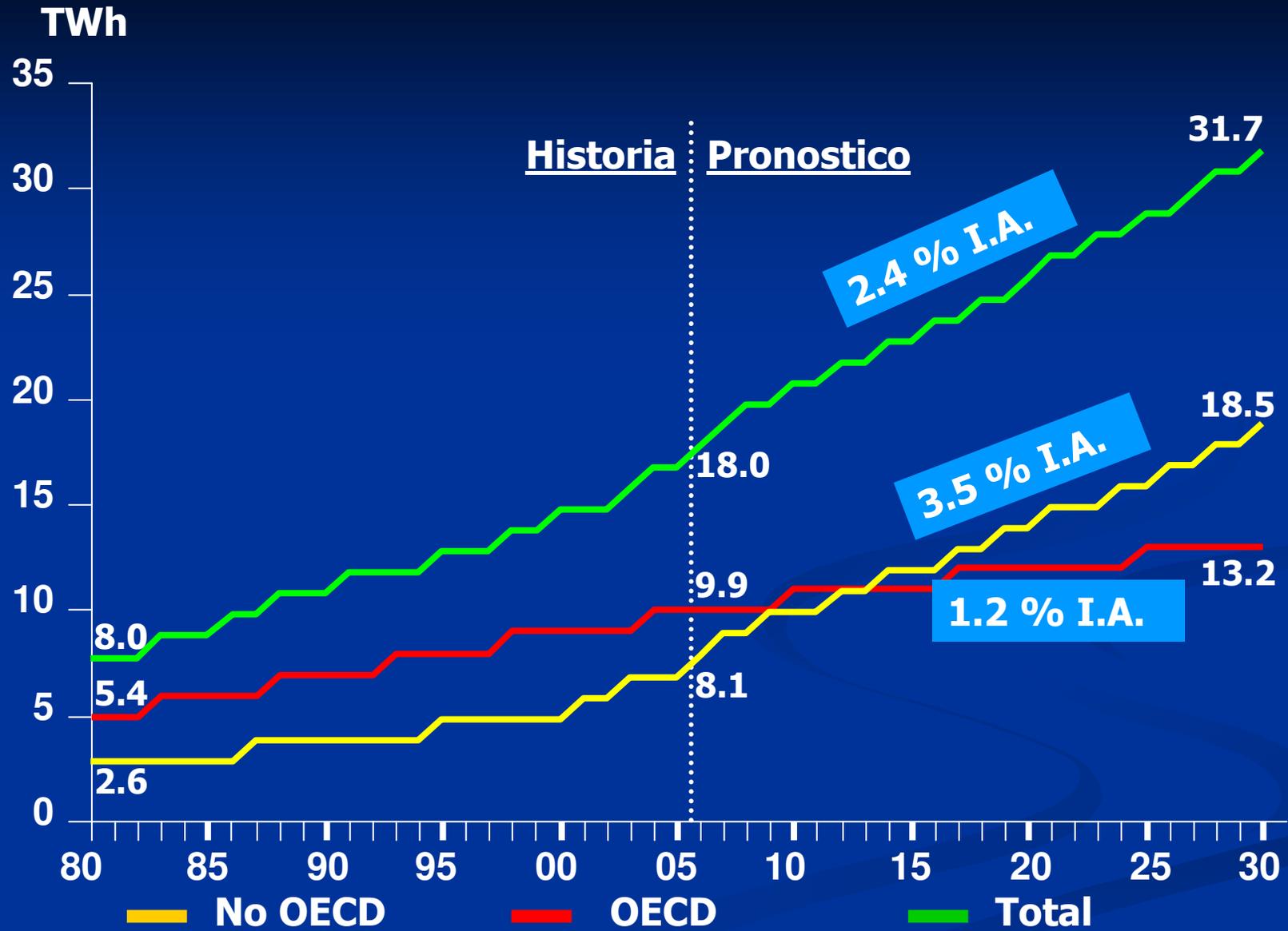


# Población mundial

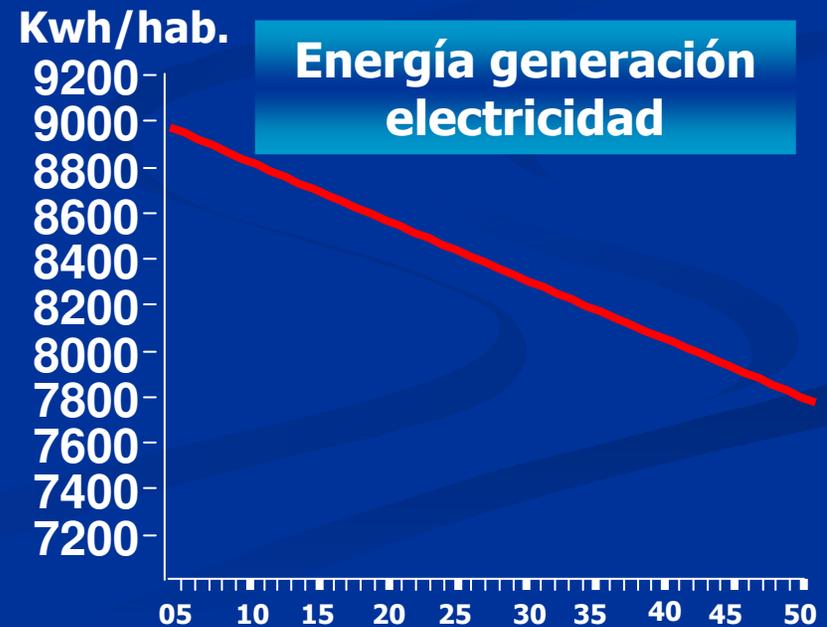
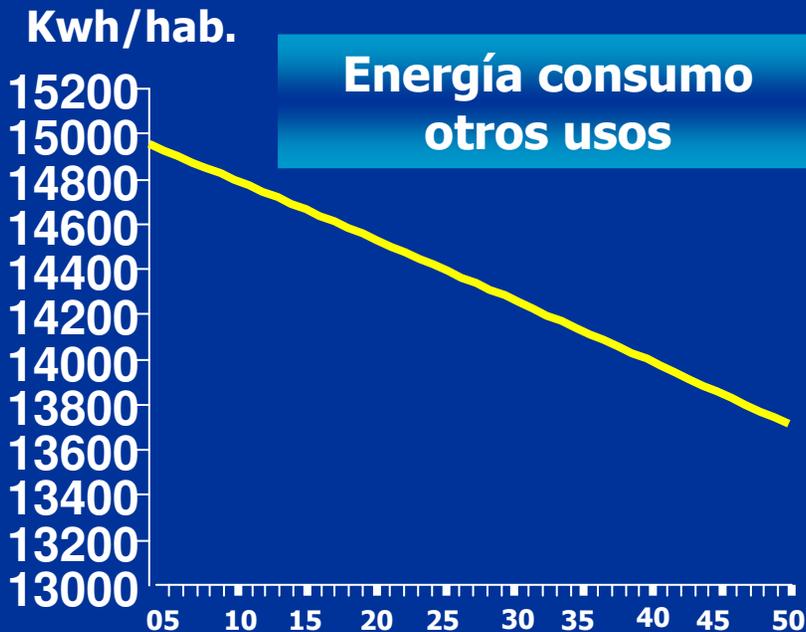
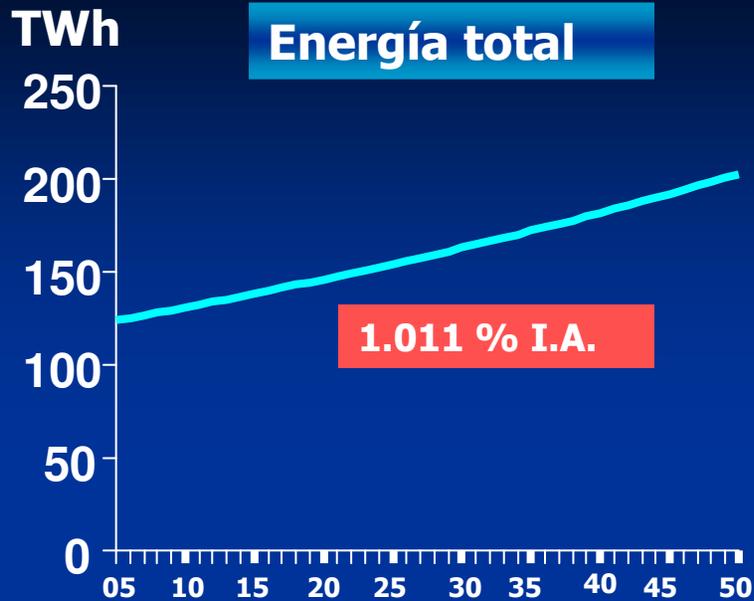
Millones



# Generación mundial de electricidad



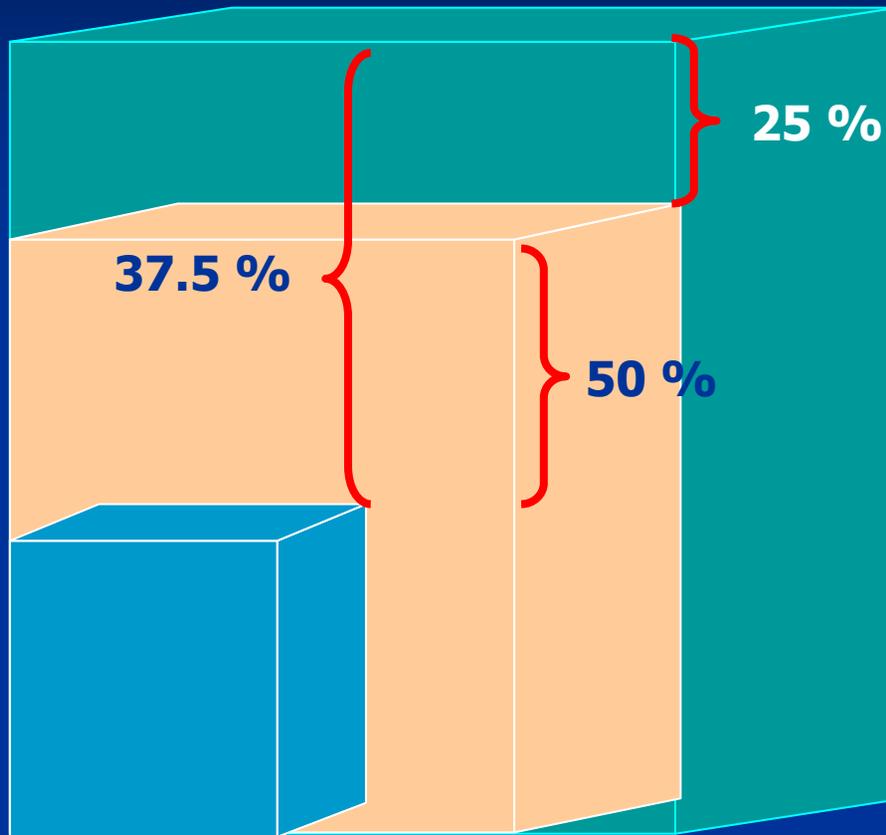
# Proyección índices globales



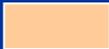
Fuente: EIA/IDB

Elaboración: Nelson Hernandez

# Eficiencia energética



 Energía primaria obtenida de la naturaleza: **400 EJ** anual =  $62.2 \times 10^9$  BPE

 Entrega al usuario final: **300 EJ** anual =  $46.65 \times 10^9$  BPE

 El usuario final lo transforma y solo usa **150 EJ** anual =  $23.32 \times 10^9$  BPE

**EJ = Exa joule =  $10^{18}$  joule**

Elaboración: N. Hernández

### **Población**

Para el 2025, el mundo habrá añadido 2 millardos de personas a los 6.8 hoy existentes. El 56 % de la población vivirá en Asia y el 66% estará situada en áreas urbanas cercanas a la costa

### **Energía**

La energía crece en menor proporción que la población. El pico de producción de los combustibles fósiles esta presente y causara inestabilidad social y económica de manera globalizada.

Tres aspectos a considerar:

- Combustibles para mover el transporte de personas y el de productos y equipos
- Fuente energética para la carga base eléctrica
- Gerencia de los picos de demanda eléctrica

### **Cambio climático**

**Incremento de la emisión de CO2 que alteraría el clima en la tierra con las siguientes consecuencias:**

- Aumento del nivel de los mares y océanos con las pérdidas de áreas costeras**
- Mayor frecuencia e intensidad de tormentas tropicales con alto impacto en la agricultura, causando migraciones de seres humanos.**
- Disminución de la fortaleza de la soberanía de países, teniendo cabida los conflictos étnicos y religiosos para garantizar la supervivencia**

### **Tecnología**

**La energía requiere una mayor dedicación de los países, sobre todos de los desarrollados, de sus presupuestos y políticas para alcanzar el estadio de la "energía sostenible"**

## Necesidad de adecuar el sistema energético mundial

### Sistema Actual

**1 millardo de personas utiliza una cantidad de energía equivalente mayor o igual a 2 kWe por persona**

- **5 millardos de personas utiliza una cantidad de energía equivalente menor o igual a 0.6 kWe por persona**

- **El conjunto global de consumo es de unos 220 MMBD de petróleo equivalente o  $4.8 \times 10^{12}$  We (TWe)**

- **La mayor cantidad de energía utilizada es no renovable, contaminante, políticamente sensitivas y costosas para muchas personas**

### Nuevo Sistema

- **Si cada persona consume al menos 2 kWe, en el 2050 los 10 millardos consumirían 20 TWe**

- **Si deseamos que la especie humana perdure en la tierra el sistema energético que necesita la humanidad debe ser: limpio, seguro, sostenible y de bajo costo**

## **El sol fuente inagotable de energía**

**Las diferentes fuentes energéticas existentes en la tierra tienen su origen, directa o indirectamente, de la energía que recibe la tierra del sol:**

**Eólica**

**Solar térmica**

**Solar PV**

**Bio combustibles**

**Hidroeléctrica**

**Maremotriz**

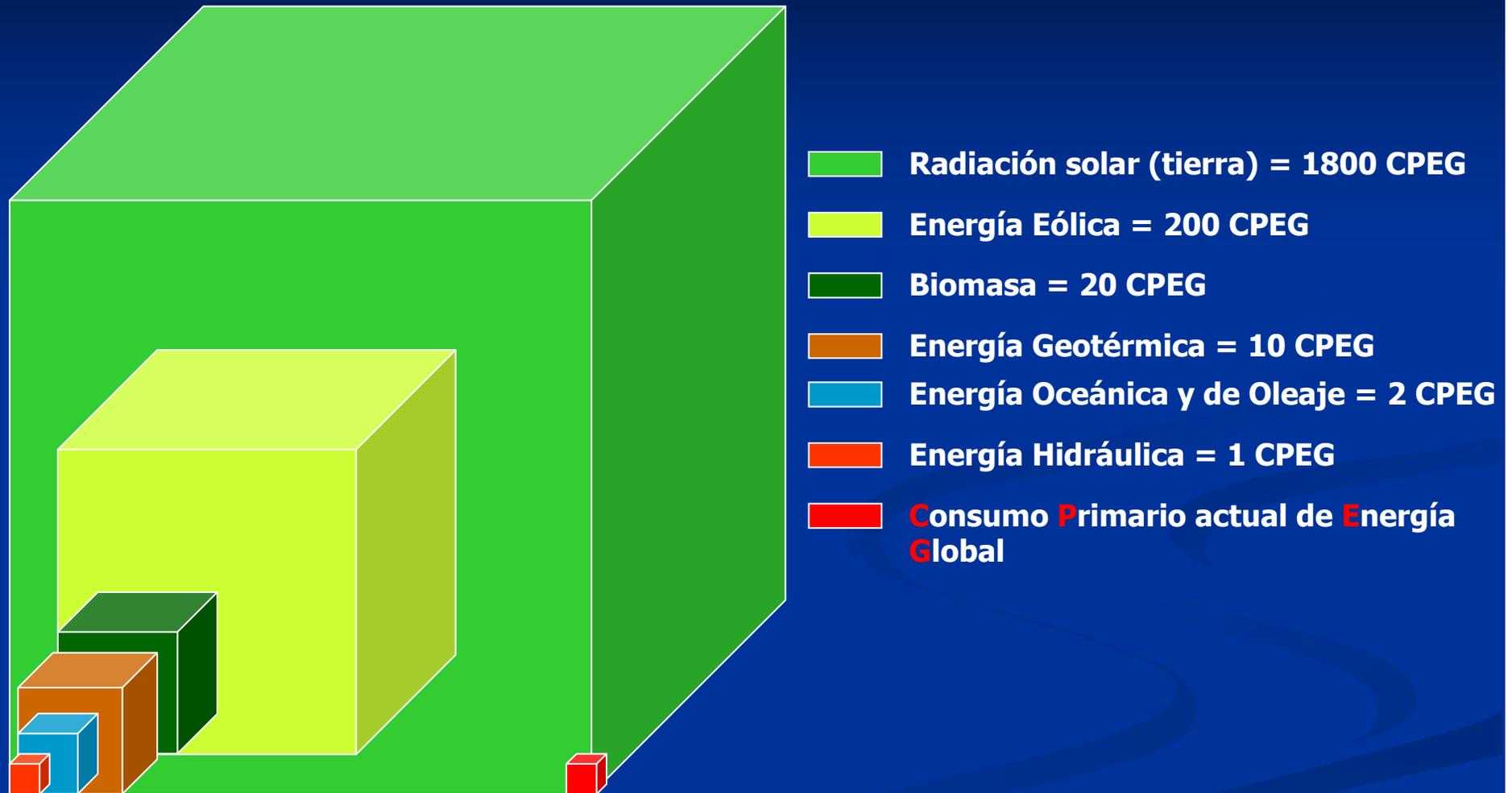
**Geotérmica**

**Fósiles**

**Nuclear**



# Potencial físico de energías renovables



Fuente: Nitsch, F. (2007): Technologische und energiewirtschaftliche Perspektiven erneuerbarer Energien. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt.

Elaboración: N. Hernández

## Perfil de una nueva fuente energética

Como complemento de las existentes, la nueva fuente energética debe ser:

- **No agotable**, para prevenir conflictos futuros
- **Ambientalmente limpia**, para garantizar un mundo sostenible
- **Continuamente disponible**, para proporcionar la seguridad de carga base para todos los usuarios
- **De uso directo**, para permitir su uso eficiente con mínima infraestructura
- **De bajo costo**, para un mayor acceso de todas las poblaciones
- **De concretización** en los próximos 20 a 30 años

# ¿ Cuales son las opciones energéticas?

	Limpia?	Segura?	Confiable?	Carga Base?
<b>Fósiles</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>Inminente pico</b>	<b>Si</b>
<b>Nuclear</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>Costos, Disponibilidad, Políticas</b>	<b>Si</b>
<b>Eólica</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No, intermitente</b>	<b>No</b>
<b>Geotermal</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No, Disponibilidad limitada</b>	<b>Si</b>
<b>Solar terrestre</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No, intermitente</b>	<b>No</b>
<b>Hidráulica</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No, Sequías, Planificación compleja</b>	
<b>Bio-combustibles</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Capacidades limitadas. Pobre rendimiento energético ( EROEI)</b>	
<b>SBSP o EEES</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>

## ¿ Que es SBSP o EEES?

La energía eléctrica espacial solar (EEES) o Space Base Solar Power ( SBSP), es la energía solar capturada en el espacio mediante grandes arreglos de celdas fotovoltaicas y transmitida a la tierra vía microonda (Wi Tricity) o de rayo láser a un receptor en la tierra (redtecnna) donde se convierte en energía eléctrica de carga base, o de energía de carga de baja intensidad, o en energía sintética.

La luz del sol capturada en el espacio es más eficaz en el abastecimiento de energía continua de carga base comparada con la energía solar capturada en la tierra.

EEES ha sido estudiado desde los años 70 por DOE, NASA, ESA, y JAXA, pero "ha caído generalmente a través de las grietas" debido a que no ha existido una organización responsable para desarrollar e implementar programas espaciales y de seguridad energética. Sin embargo, el presidente Obama contempla dentro de sus programa energético el desarrollo en los próximos 10 años de un prototipo semi comercial.



# ¿Cómo funciona el EEES?



Los paneles solares del satélite capturan la energía de la luz solar y la envían a la tierra utilizando la tecnología de transmisión inalámbrica vía microondas

Señales recibidas desde la antena receptora terrestre (verde) permiten al satélite corregir continuamente la dirección de envío de energía al punto receptor

# Ventajas del EEES



Foto: Nasa

- Menos atmosfera permite obtener mayor energía por área
- Cualquier lugar de la tierra puede recibir la energía solar obtenida del EEES
- La estación puede proporcionar energía 96 % del tiempo
- Los paneles solares no ocupan superficie terrestre
- Suficiente espacio en el espacio
- Promueve el desarrollo espacial, solar y transmisión de la energía inalámbrica

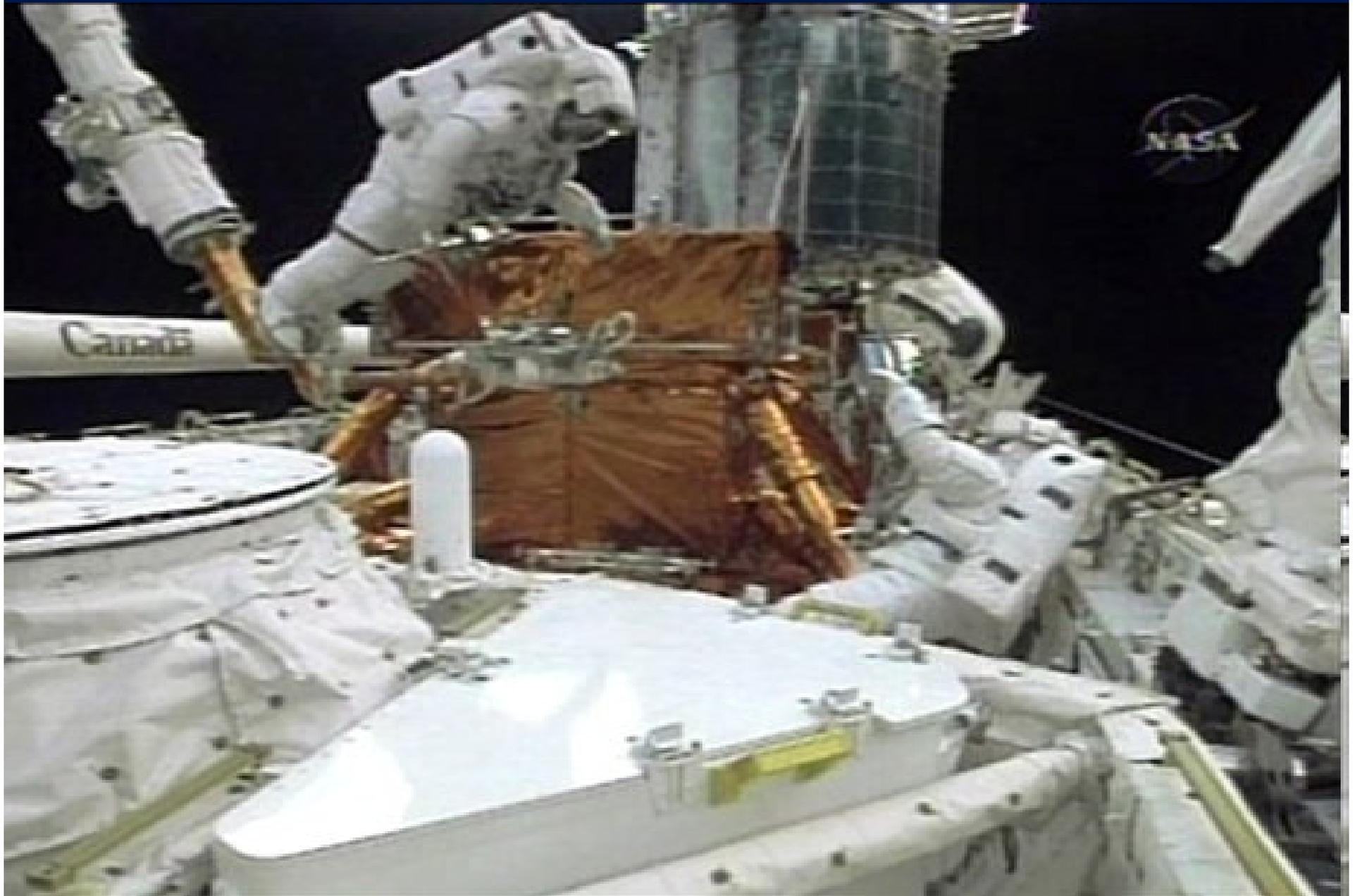
# Ventajas del EEES



Foto: Nasa

- No es necesario equipos de almacenamiento de energía (baterías)
- El calor generado es arrojado al espacio
- No contaminación del agua o aire al producir la energía
- Requieren de poco personal para operarlas y las rectecnnas permiten, debajo de ellas, el desarrollo agrícola

**Ultima caminata espacial en la reparación del telescopio Hubble (17-05-09)**



# Comparación EEES vs solar terrestre

Solar espacial

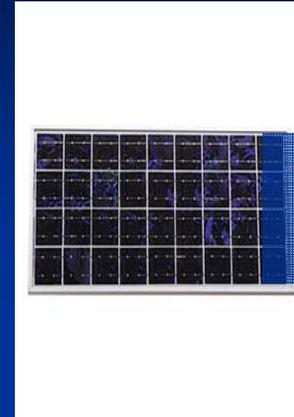
Intensidad Solar  
1366 W/m<sup>2</sup>



No hay  
noche



Minima acción del  
tiempo



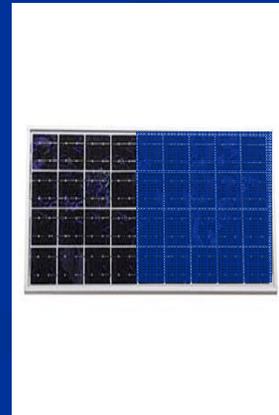
60 % mas eficiente

Solar Terrestre

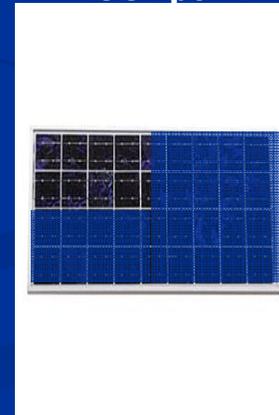
Intensidad Solar  
1000 W/m<sup>2</sup>



12 h  
de noche



Perdidas por mal  
tiempo

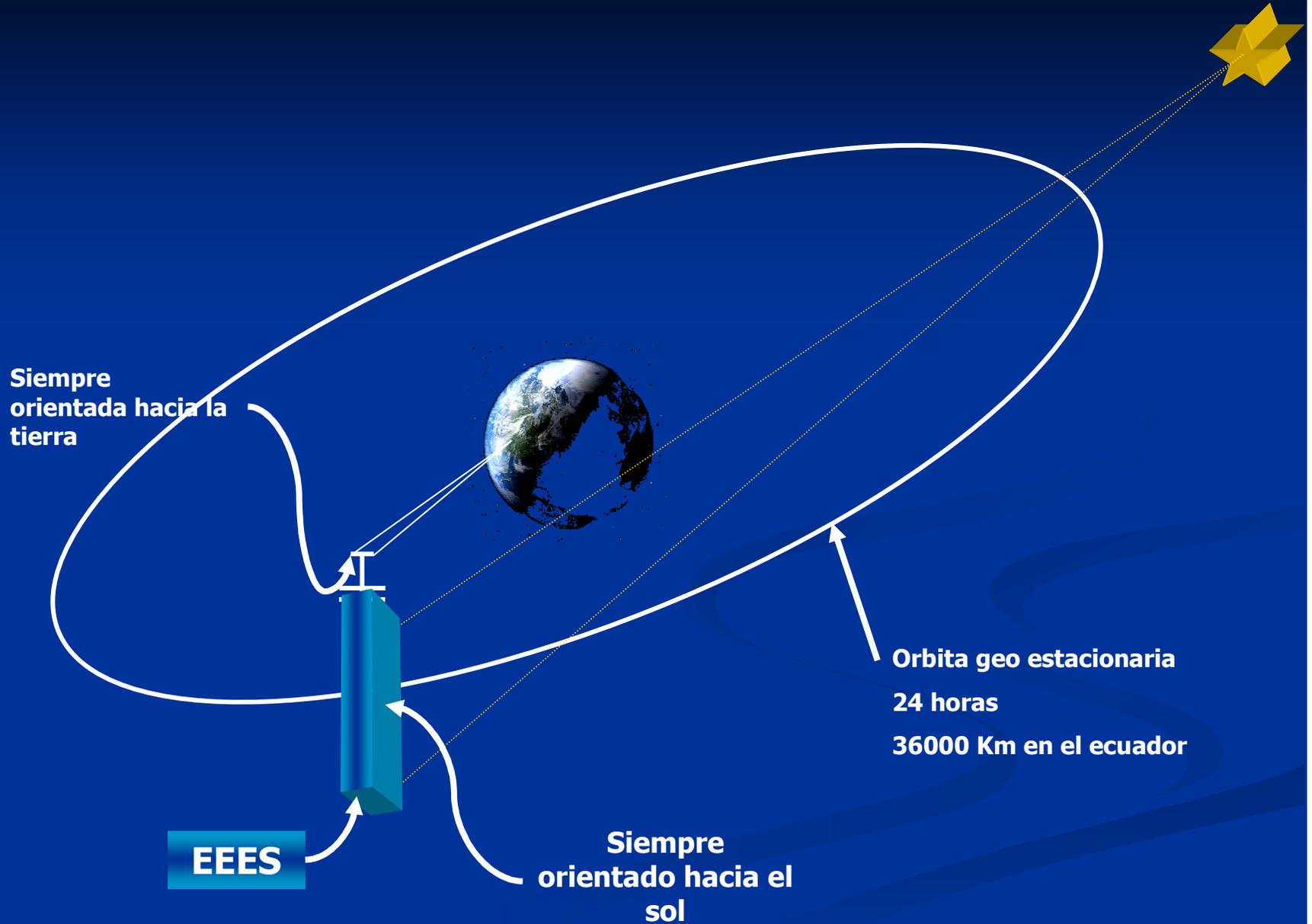


# Electricidad Estación Espacial Solar (EEES)

... Algunas dimensiones



# Concepto básico de una EEES



# Midiendo la potencialidad de EEES



EEES estacionario



$$1 \text{ Tw/día} * 365 \text{ días/año} = 365 \text{ Tw-año}$$

Ajuste de eficiencia, posición geo espacial de la EEES y corrección de tiempo orbital

Reservas mundiales de petróleo (2008)  
1258 millardos de barriles = **244 Tw**

**212 Tw-año**

Tw =  $10^{12}$  watos

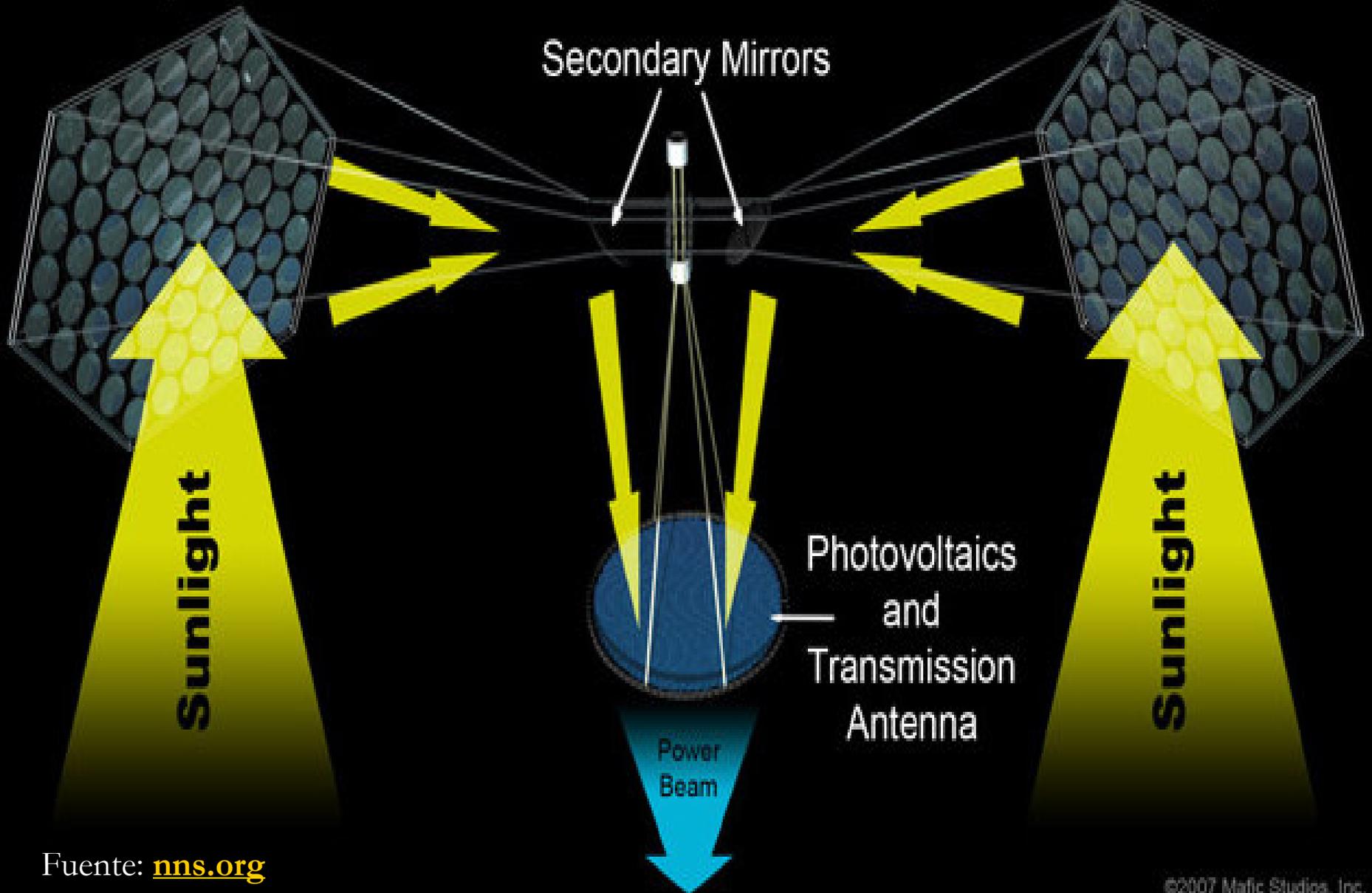
Cada Km de la banda recibe cada año 212 Tw, el 87 %, equivalente energéticamente a todas las reservas de petróleo para el 2008

5 km

Primary Mirror

Primary Mirror

Secondary Mirrors



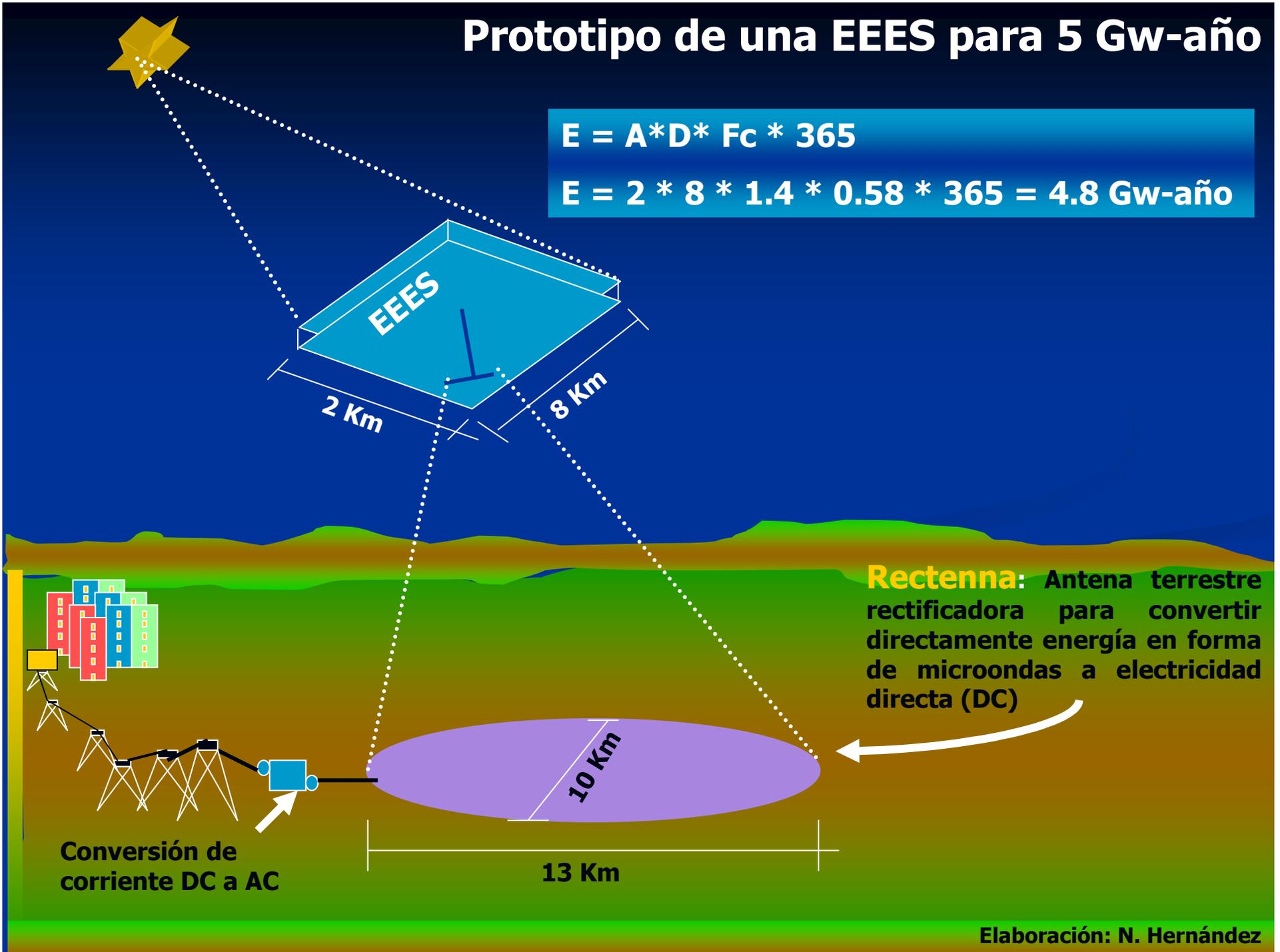
Fuente: [nns.org](http://nns.org)

©2007 Mafic Studios, Inc.

# Prototipo de una EEES para 5 Gw-año

$$E = A * D * F_c * 365$$

$$E = 2 * 8 * 1.4 * 0.58 * 365 = 4.8 \text{ Gw-año}$$



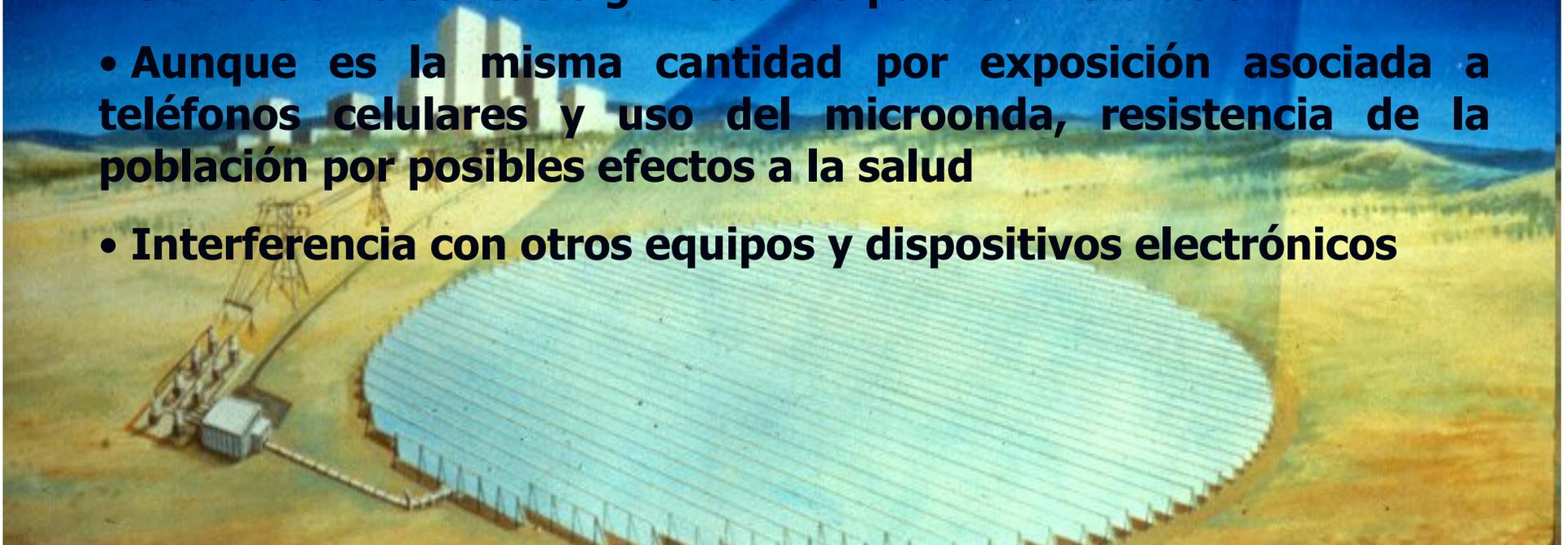
## ¿Qué significa una EEES de 5 Gw-año?

	<b>2006.Capacidad Instalada (Gw)</b>	<b>Cantidad de EEES de 5 Gw</b>
<b>Mundo</b>	<b>4034</b>	<b>807</b>
<b>Estados Unidos</b>	<b>986</b>	<b>198</b>
<b>China</b>	<b>518</b>	<b>104</b>
<b>Japon</b>	<b>251</b>	<b>51</b>
<b>Rusia</b>	<b>218</b>	<b>44</b>
<b>Alemania</b>	<b>120</b>	<b>24</b>
<b>Brasil</b>	<b>93</b>	<b>19</b>
<b>Venezuela</b>	<b>22</b>	<b>5</b>

# Algunos problemas a resolver con respecto a la Rectenna

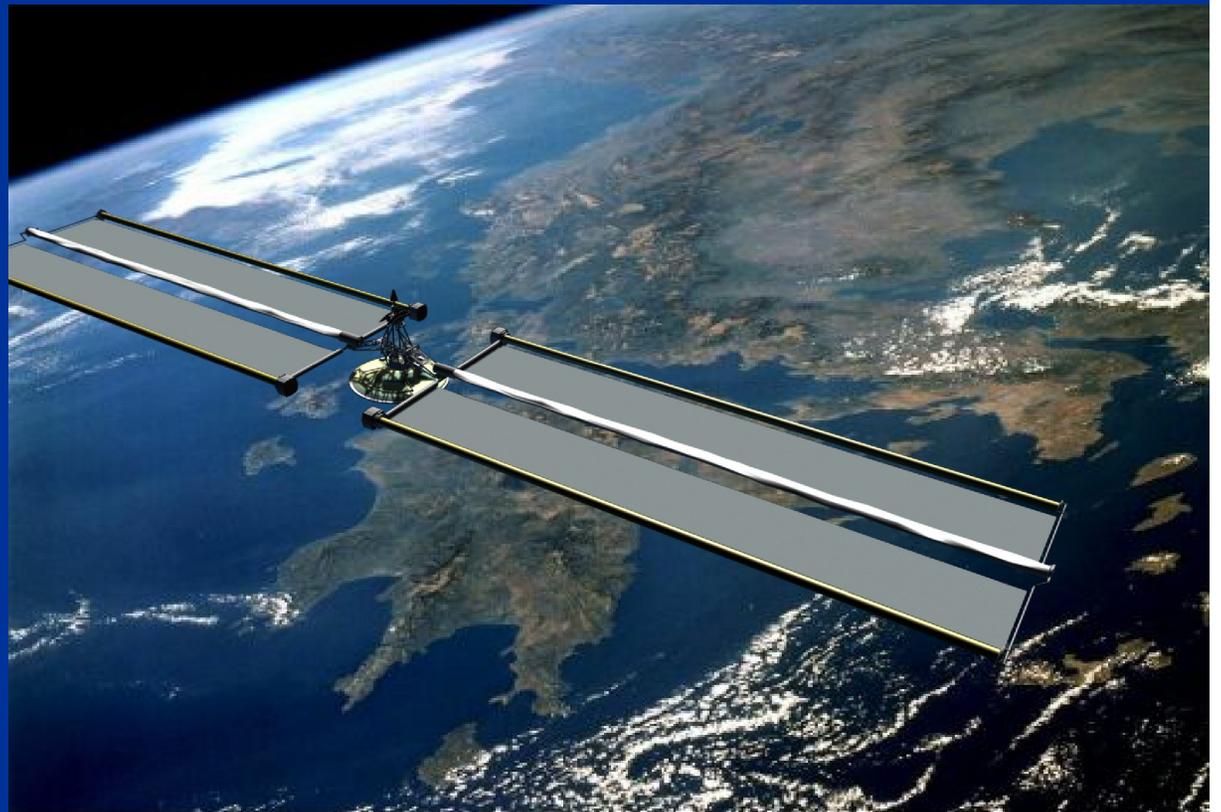


- Su cercanía necesaria a las ciudades para minimizar pérdidas operacionales
- Utilización de áreas significativas para su instalación
- Aunque es la misma cantidad por exposición asociada a teléfonos celulares y uso del microonda, resistencia de la población por posibles efectos a la salud
- Interferencia con otros equipos y dispositivos electrónicos



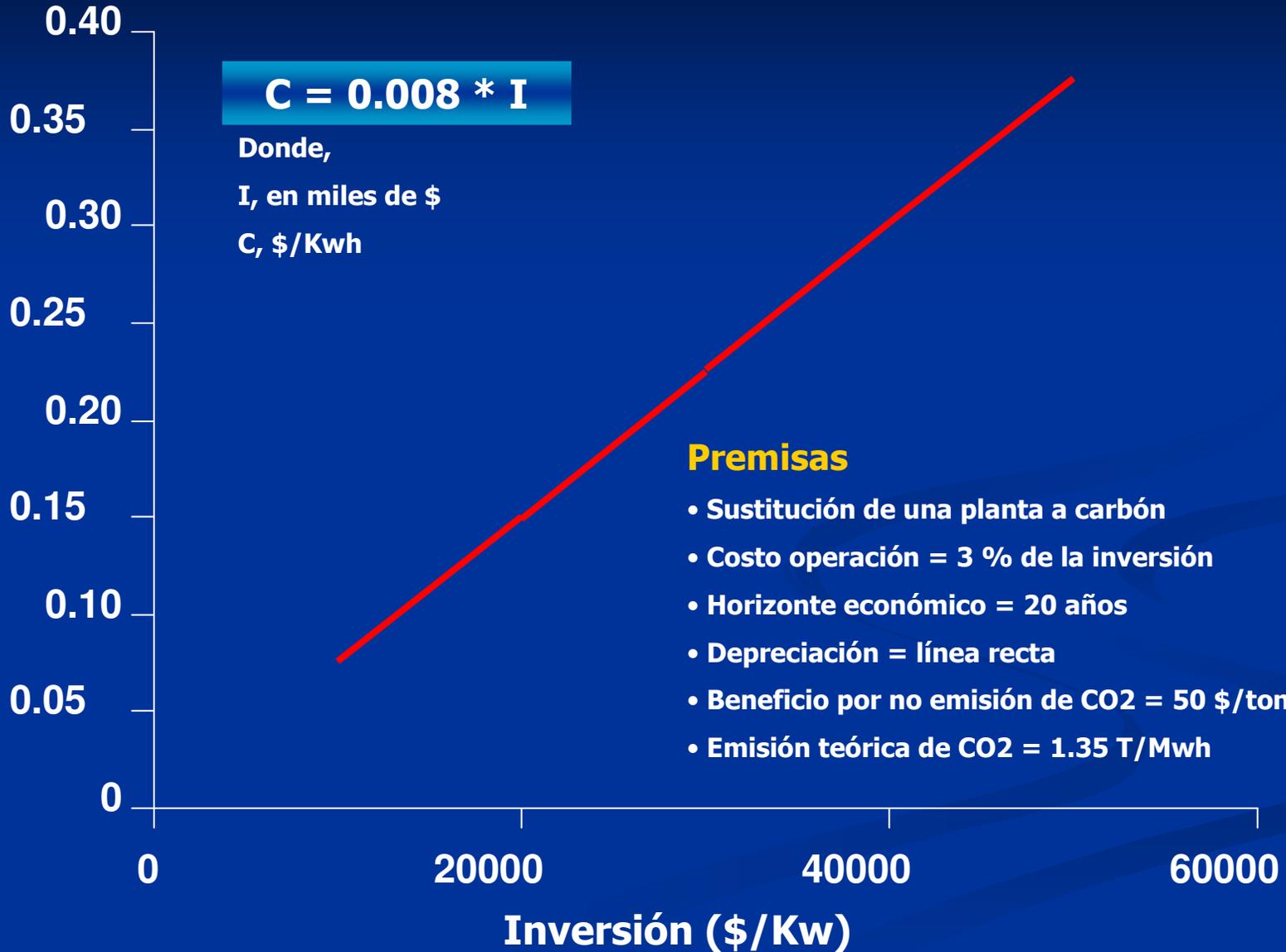
**Los equipos de generación eléctrica (molinos o celdas solares) a gran escala solo proporcionan entre 25 a 30 % de la carga diaria, mientras que en la EEES es disponible en un 99 % todo el año en una orbita estacionaria por lo que puede ser utilizada como carga base. Las plantas eléctricas de carbón o nucleares pueden proporcionar carga base en un 90 % al año.**

**Por otra parte, la EEES no requiere de ningún combustible por lo que hay cero contaminación. EEES es la fuente energética mas limpia y con una carga base ilimitada.**

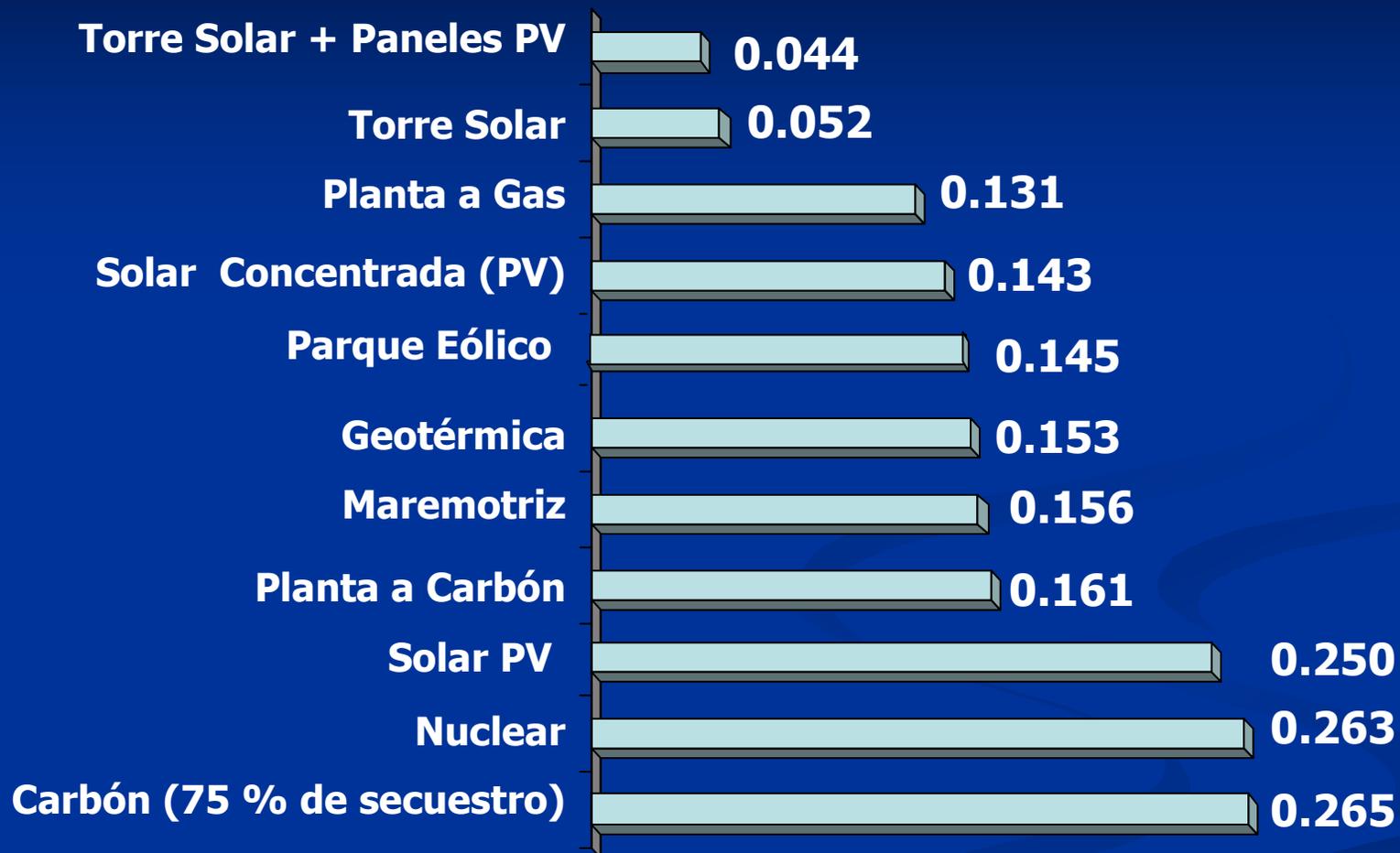


# Una aproximación económica de una EEES

Costo (\$/Kwh)



## Costo Generación de Electricidad (\$/Kwh)



Elaboración: Nelson Hernández

Proyecto energético (no espacial) desarrollado por Japón



**Satélite LEO (orbitando a 1100 Km)**

**Orbitas al día: 16**

**Capacidad: 10 Mw**

**Costo: Entre 100 – 300 MM\$**

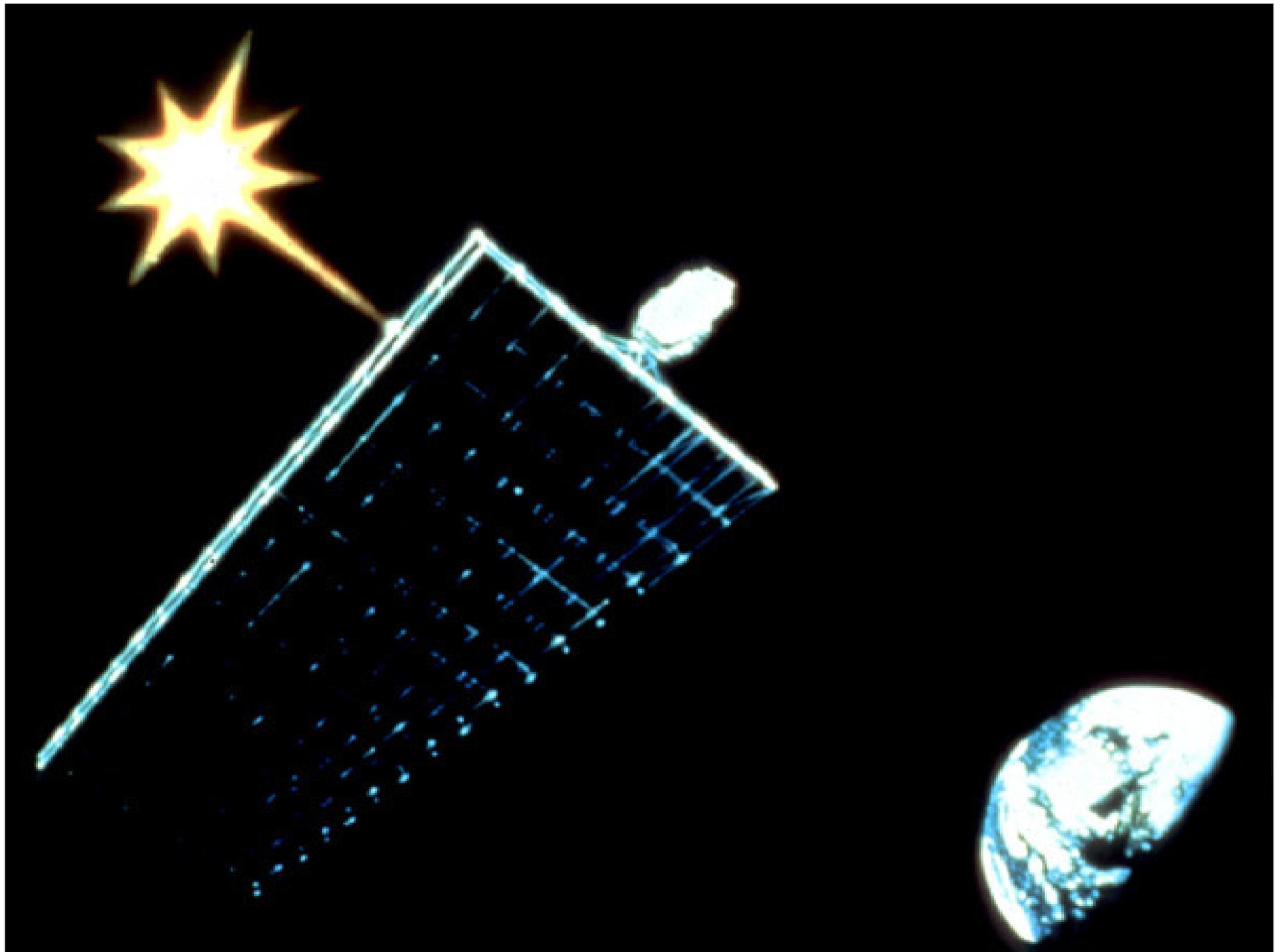
**Rectennas: En el ecuador**

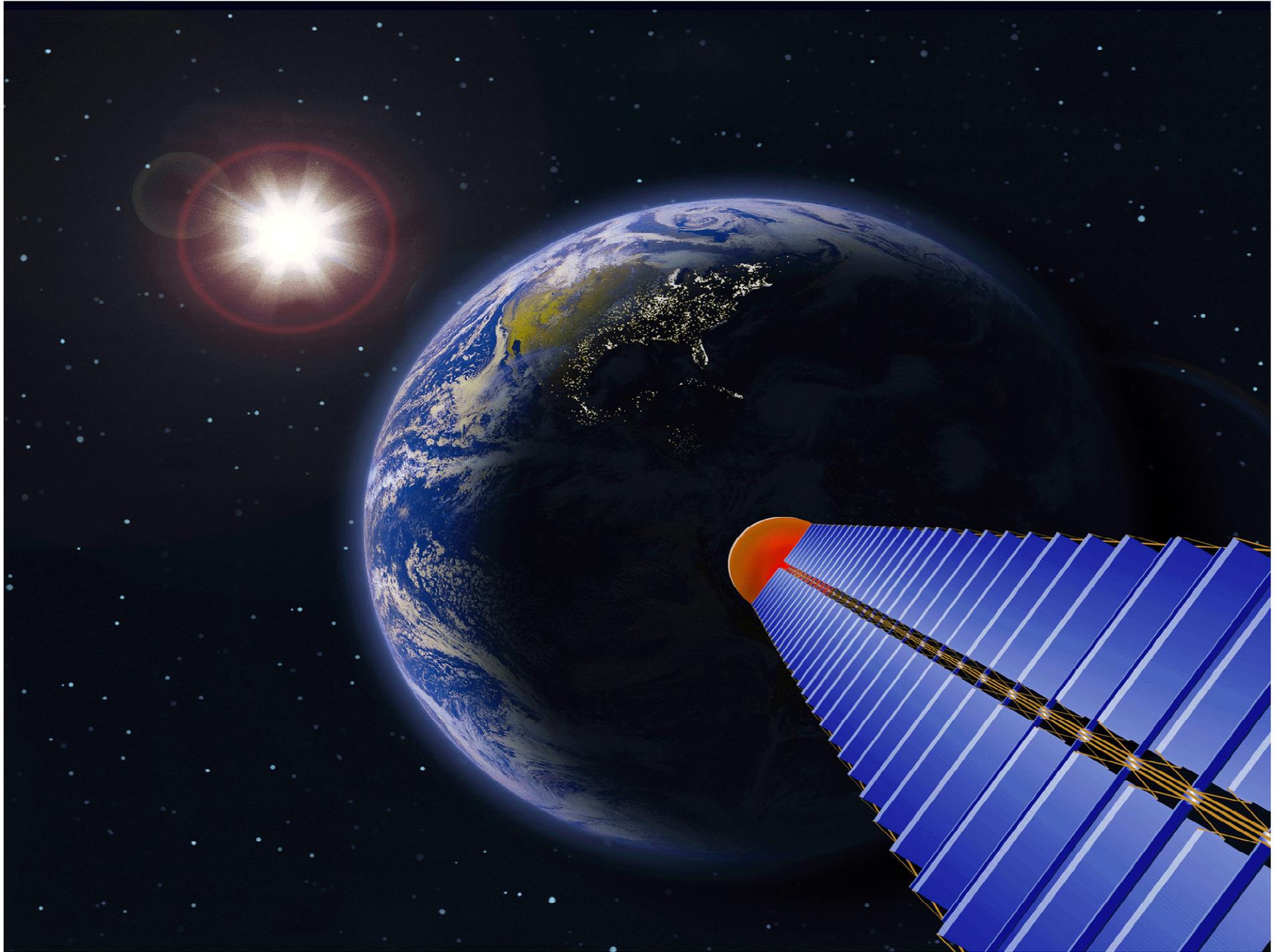
**Energía: entrega 200 segundos de energía por cada orbita (100 Kwh)**

Mas información : <http://www.spacefuture.com/power/sps2000.shtml>

# Posibles diseños

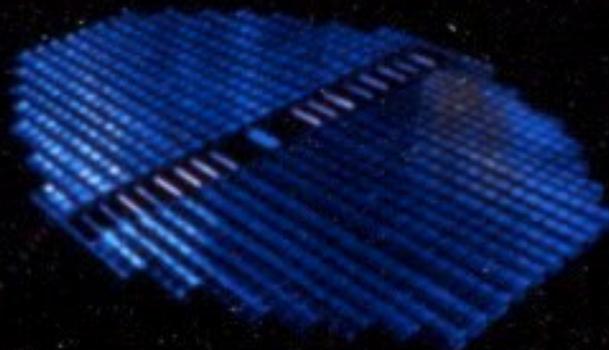






# SPACE SOLAR POWER

SOLAR ENERGY  
COLLECTOR AND  
CONVERTER



SOLAR ENERGY  
• INEXHAUSTIBLE  
• CLEAN  
• EXPORTABLE

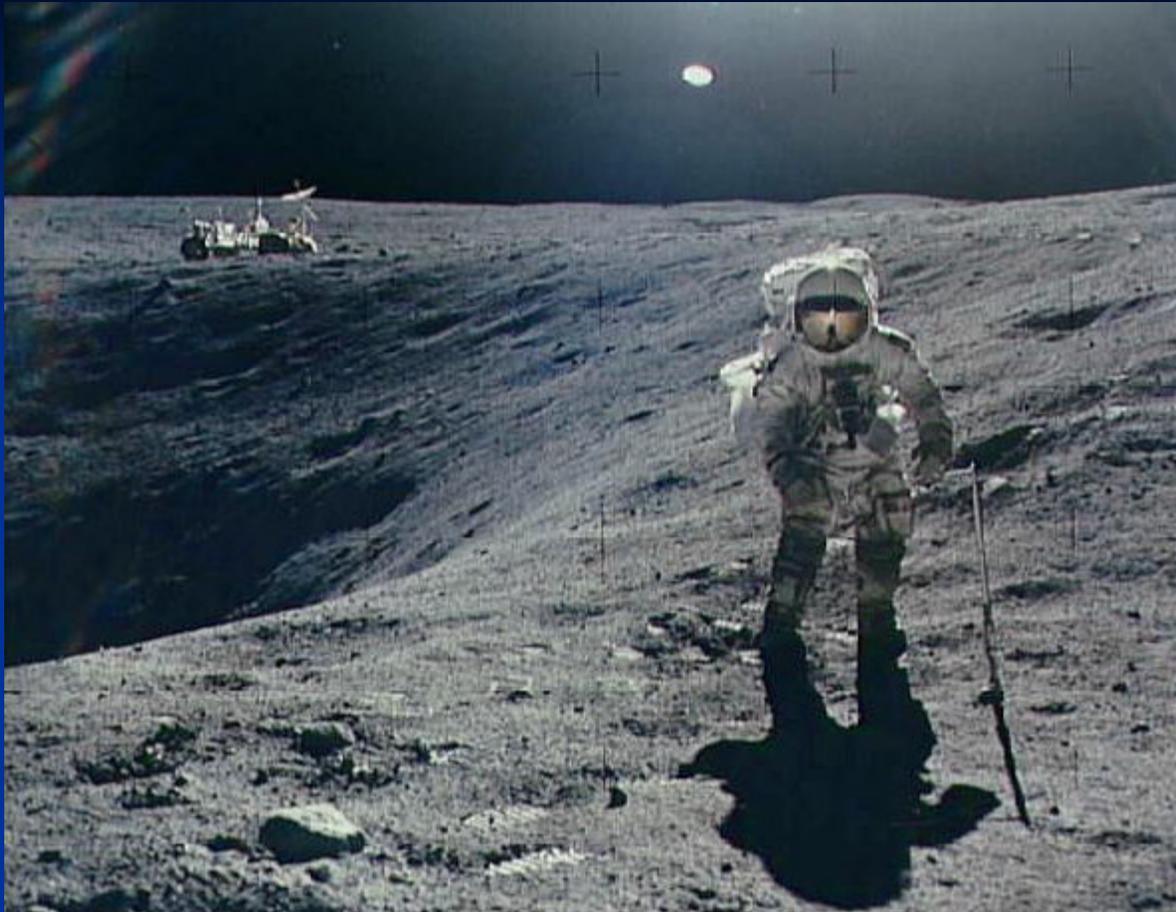
MICROWAVE  
BEAMS

SPACE POWER STATION-150 KM<sup>2</sup>  
GROUND RECEIVERS-100 KM<sup>2</sup> EACH  
POWER OUTPUT-10 MILLION KILOWATTS

MICROWAVE  
COLLECTORS  
AND POWER  
DISTRIBUTION



## Cráter Plum en la Luna



### Foto NASA:

La nave Apolo 16 pasó tres días en la Luna en Abril de 1972, siendo la quinta de seis misiones alunizadoras. La Apolo 16 fue famosa por instalar y utilizar un telescopio ultravioleta en lo que fue el primer observatorio lunar, y por recolectar rocas y datos sobre las misteriosas tierras altas de la Luna.

En esta foto, el astronauta John W. Young fotografía a Charles M. Duke, Jr. recolectando muestras de rocas en el sitio de alunizaje Descartes.

Duke está cerca del cráter Plum, mientras que el vehículo explorador lunar espera aparcado en el trasfondo.

El vehículo explorador lunar permitió que los astronautas viajaran grandes distancias para investigar las características superficiales y recolectar rocas. Mientras tanto, arriba, Thomas K. Mattingly orbita en el Módulo de Comando.

# La luna como Estación Eléctrica Espacial Solar (EEES o SBPS)





# ELECTRICIDAD SOLAR ESPACIAL

## Demostración tecnológica de aplicación en los polos lunares



- La electricidad es la forma de energía que mas utiliza la humanidad
- El crecimiento de la población mundial, las necesidades energéticas y el impacto al hábitat del hombre requiere de un nuevo esquema energético mundial
- El perfil de la nueva fuente energética debe ser: no agotable, limpia, disponibilidad continua, de uso directo y de bajo costo.
- De las opciones energéticas actuales la EEES es la que mejor cumple con el perfil buscado
- El desarrollo comercial de EEES requiere del interés y apoyo de las instituciones gubernamentales, especialmente, de los países desarrollados

**... Si ya se hizo una vez**



### **La decisión de ir a la luna:**

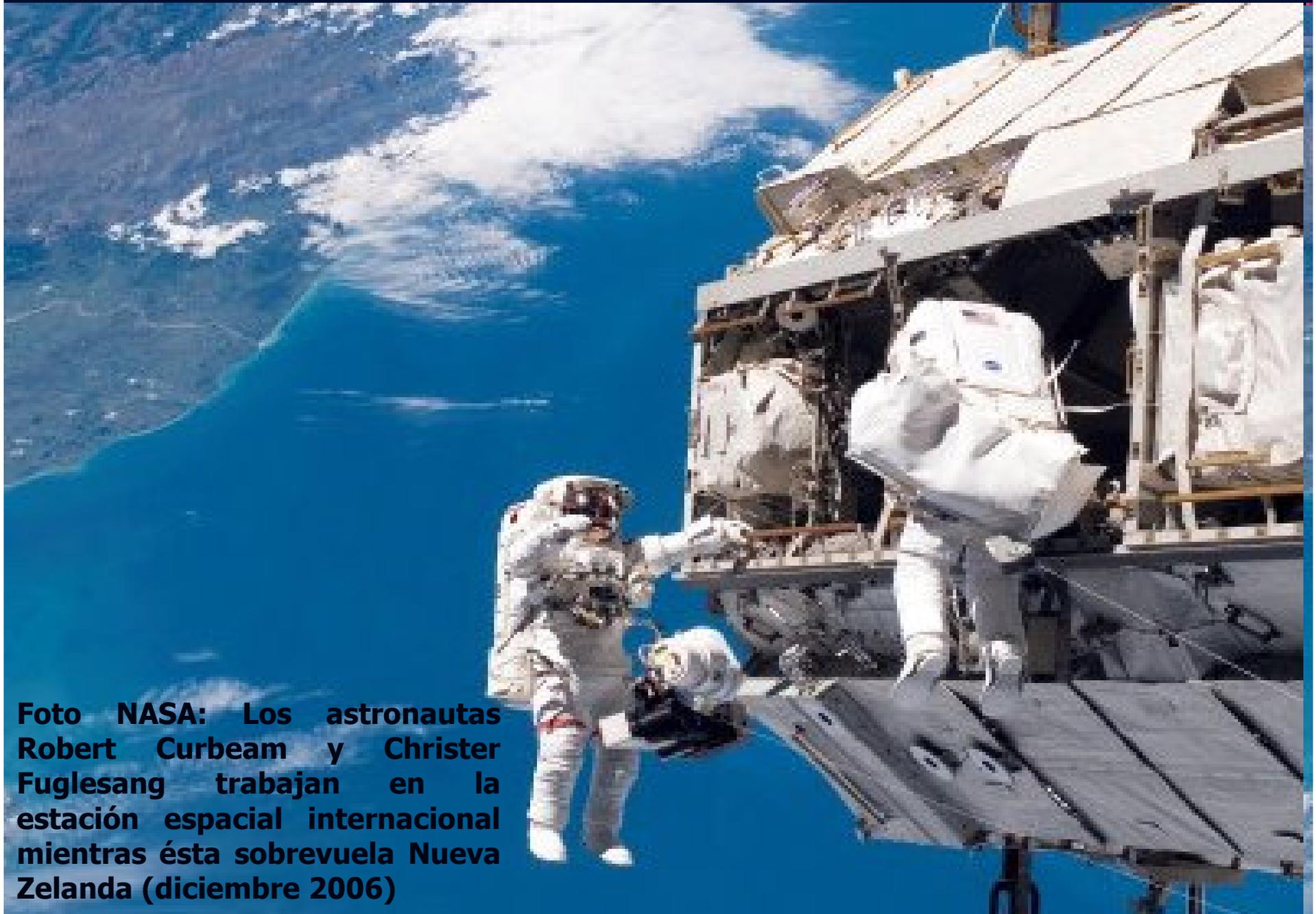
**Discurso del 25 de mayo de 1961 del presidente John F. Kennedy antes de una sesión común del congreso, en Washington DC, de los E.E.U.U. El Vice presidente Lyndon Johnson (izquierda) y el vocero de la Casa Blanca, Sam Rayburn (derecha).**

**Durante este discurso, Kennedy hizo la siguiente declaración famosa:**

**" ... Creo que esta nación debe confiar en alcanzar la meta, antes de que esta década finalice, de poner a un hombre en la luna y de regresarlo con seguridad a la tierra. No hay proyecto espacial, en este período, que impresione mas a la humanidad, o más importante en la exploración del espacio a largo alcance; y ninguno será tan difícil o costoso de lograr como el primer viaje a la luna ... " .**

**El aterrizaje de luna fue alcanzado en julio de 1969.**

... por que no hacerlo nuevamente



**Foto NASA: Los astronautas Robert Curbeam y Christer Fuglesang trabajan en la estación espacial internacional mientras ésta sobrevuela Nueva Zelanda (diciembre 2006)**

**... Muchas Gracias**

