

# Perspectivas de la Generación

## Eólica en Uruguay



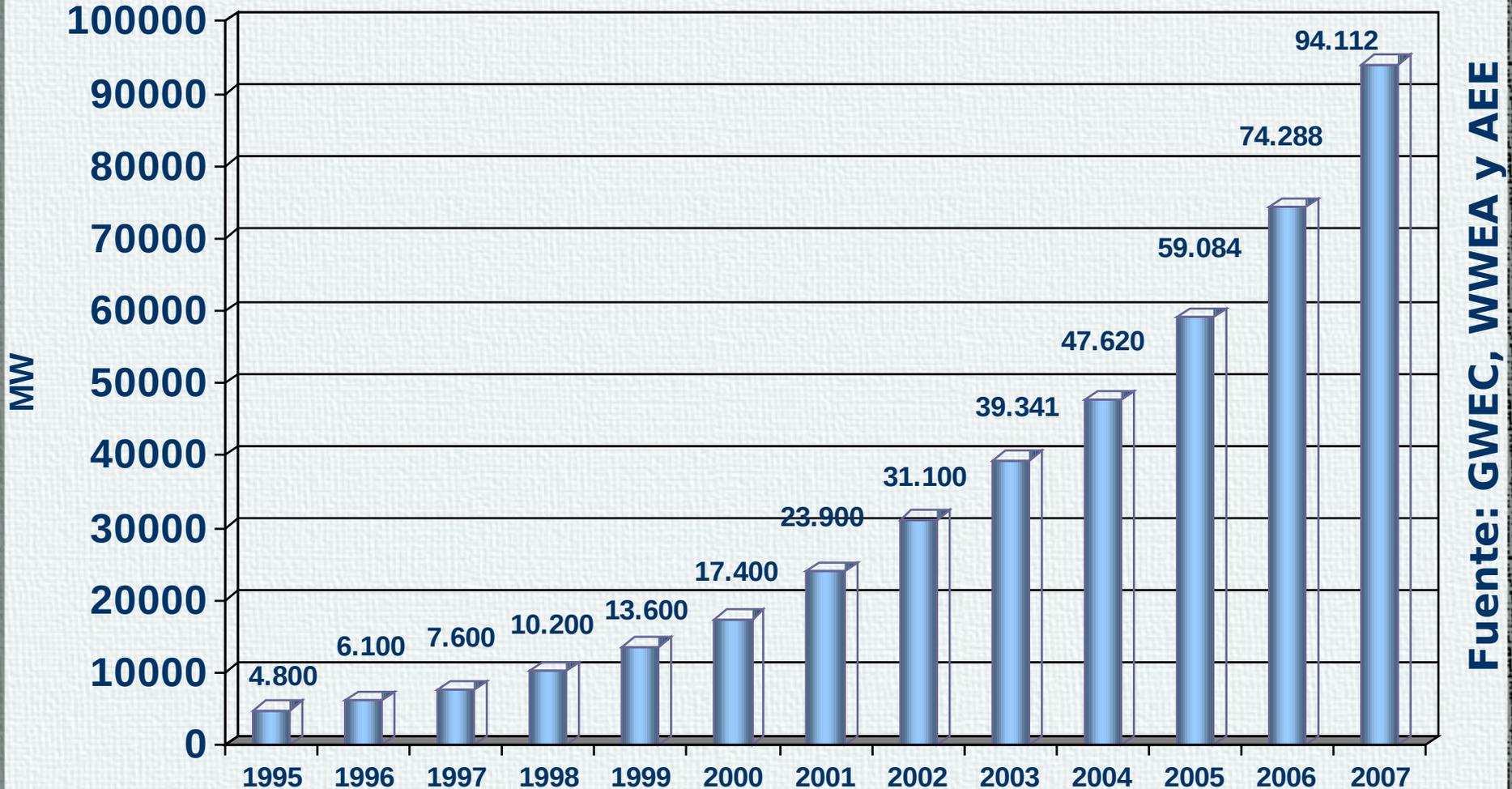
**Potencial para  
un desarrollo  
eólico en gran  
escala**

- Existe un Comité Binacional que administra un acuerdo de condonación de deuda entre los gobiernos de España y Uruguay
- El acuerdo establece que si Uruguay compra equipos en España por un monto determinado, se condona un monto igual de la deuda que Uruguay tiene contraída con ese país
- En el marco de ese acuerdo se estudió la realización de un parque Eólico de UTE de 10 MW en el *Cerro de los Caracoles*, departamento de Maldonado
- **Este proyecto lleva en sí mismo una transferencia de tecnología ya que permitió conocer el estado del arte de esta forma de generación**
- España es hoy por hoy un referente a nivel mundial en cuanto al desarrollo de la energía eólica.

# Potencia Eólica Instalada a nivel mundial

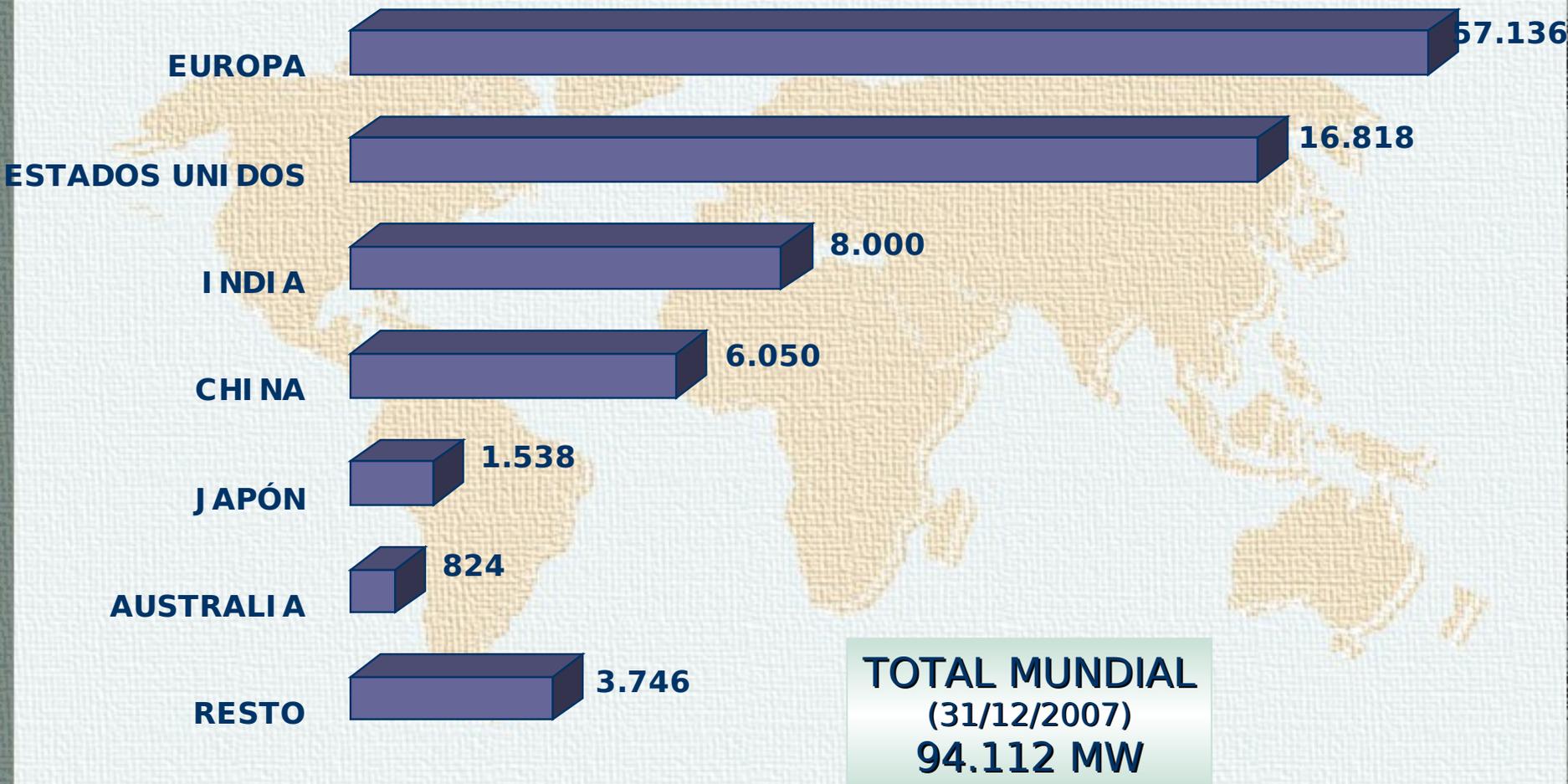
## Capacidad instalada acumulada global

**1995 - 2007**



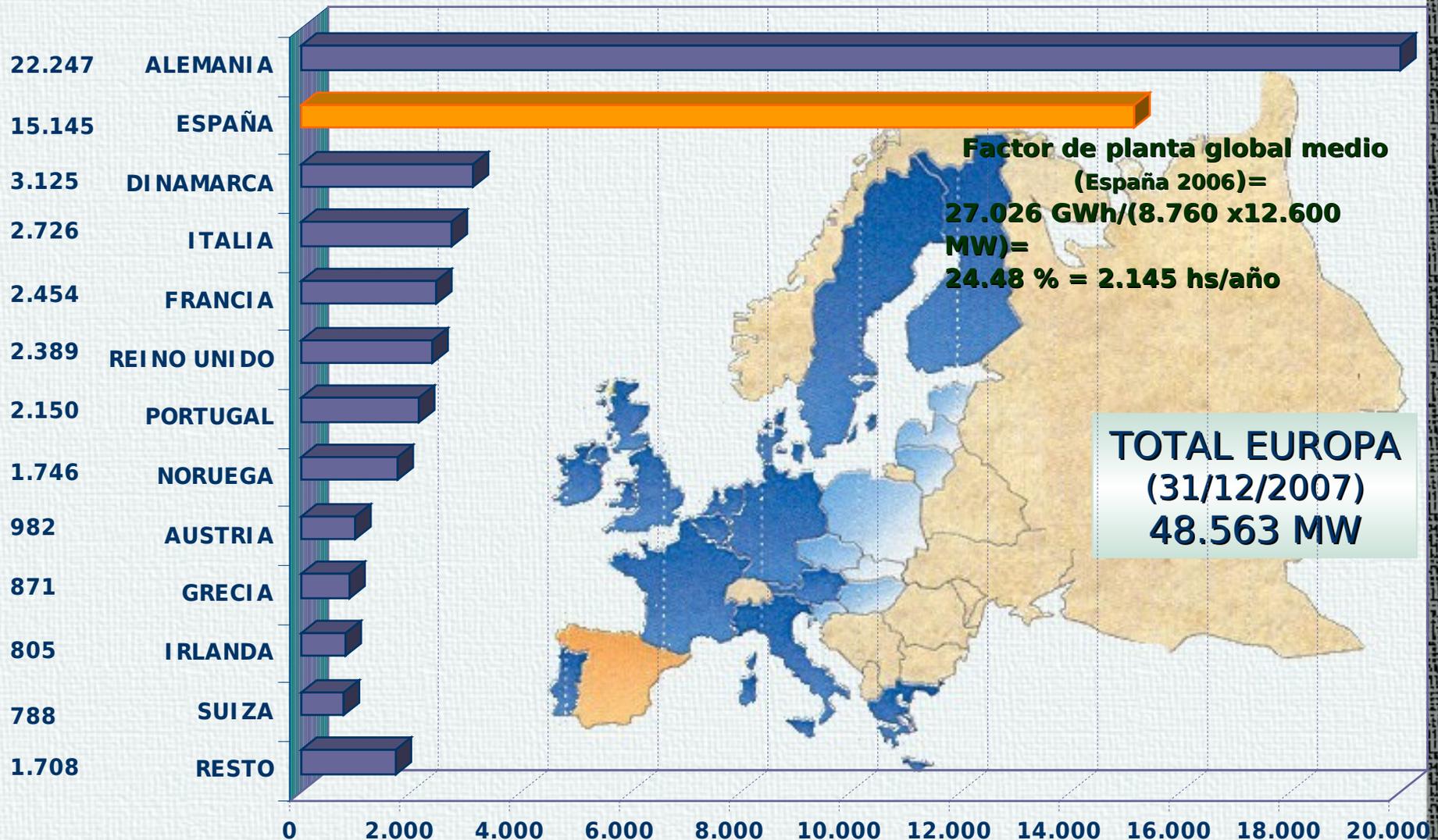
Fuente: GWEC, WWEA y AEE

# Potencia Eólica Instalada en el mundo al 31/12/2007 (MW)



Incremento de potencia instalada en el 2007: 27% Equivalentes a 20.073 MW

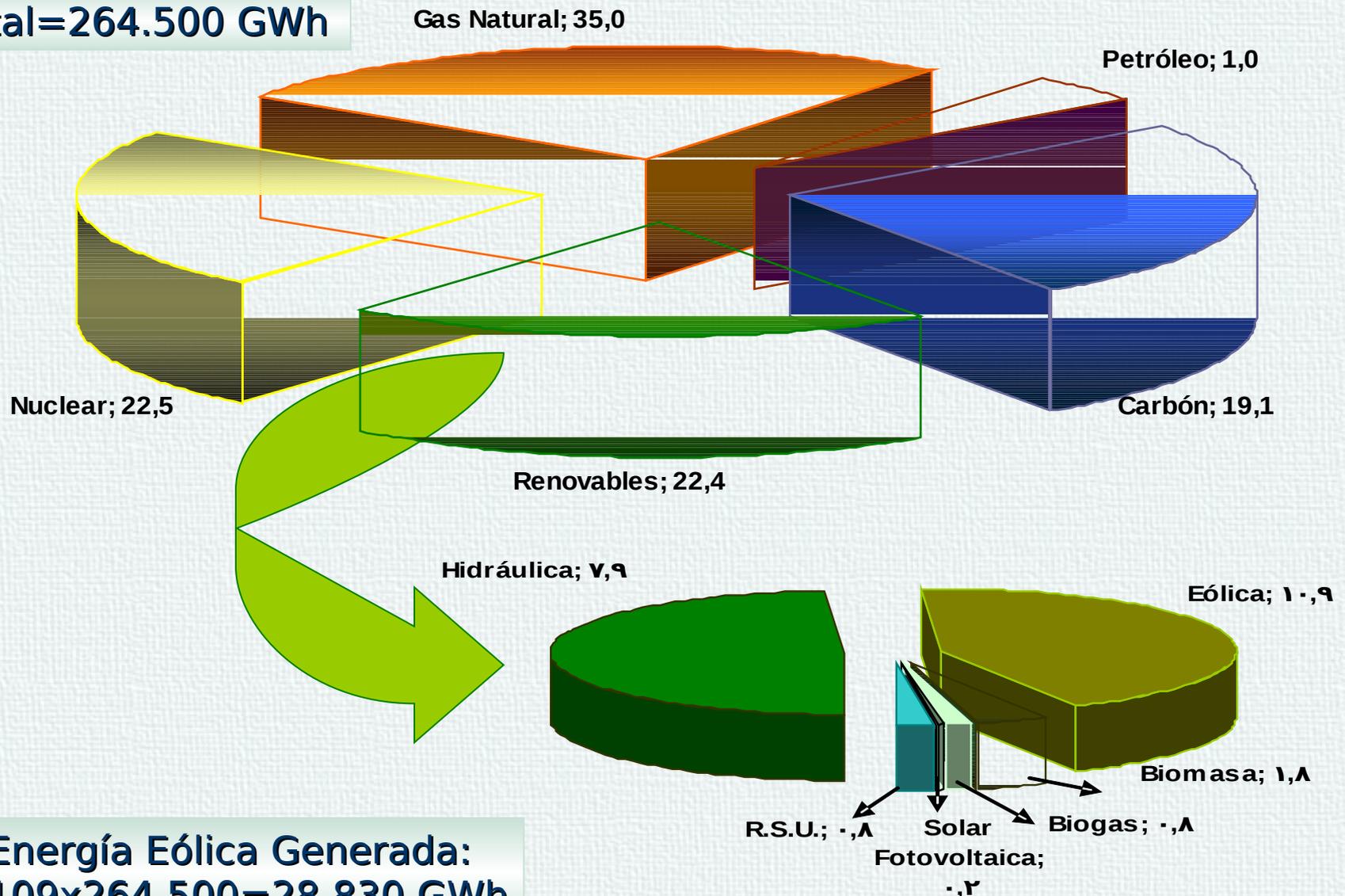
# Potencia Eólica Instalada en Europa al 31/12/2007



Incremento de potencia instalada en el 2007: 18% Equivalentes a 8.662 MW

# Estructura de Generación Eléctrica España Año móvil al 30/9/08

Total=264.500 GWh



Energía Eólica Generada:  
 $0.109 \times 264.500 = 28.830$  GWh

### VELOCIDAD DEL VIENTO



# **Perturbaciones debidas a fluctuaciones del viento**

- **En equipos de palas fijas y velocidad fija las perturbaciones de viento se transforman en perturbaciones de la potencia y del voltaje.**
- **Las perturbaciones de viento se transforman en variaciones bruscas de los esfuerzos mecánicos lo que limita el tamaño de las máquinas.**
- **Las perturbaciones limitan la potencia inyectable a la red.**

# El desarrollo tecnológico ha llevado:

- Eje horizontal
- Rotor a barlovento
- **Rotor tripala de paso y velocidad variable**
- Generador asíncrono con multiplicadora
- Generador sincrónico con rectificador y ondulator

### VELOCIDAD DEL VIENTO



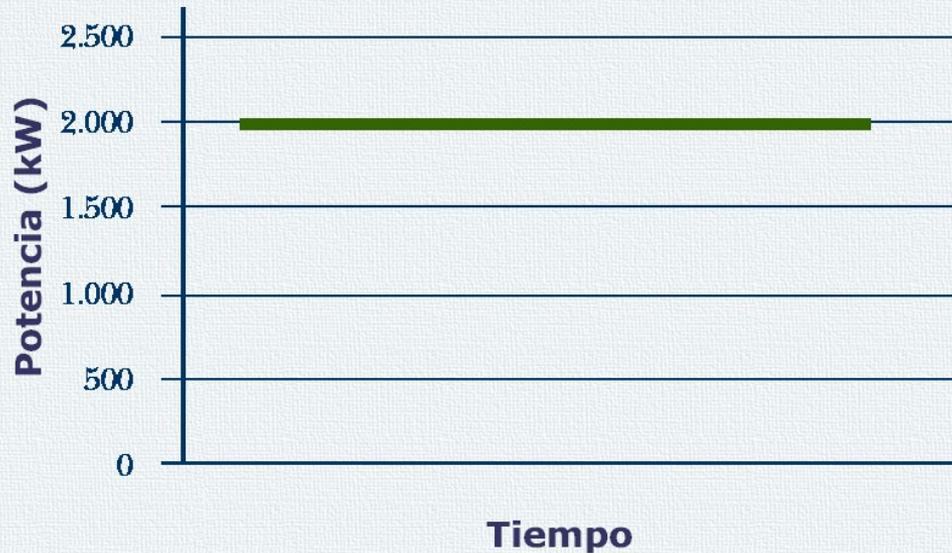
### PASO



### VELOCIDAD DE GIRO



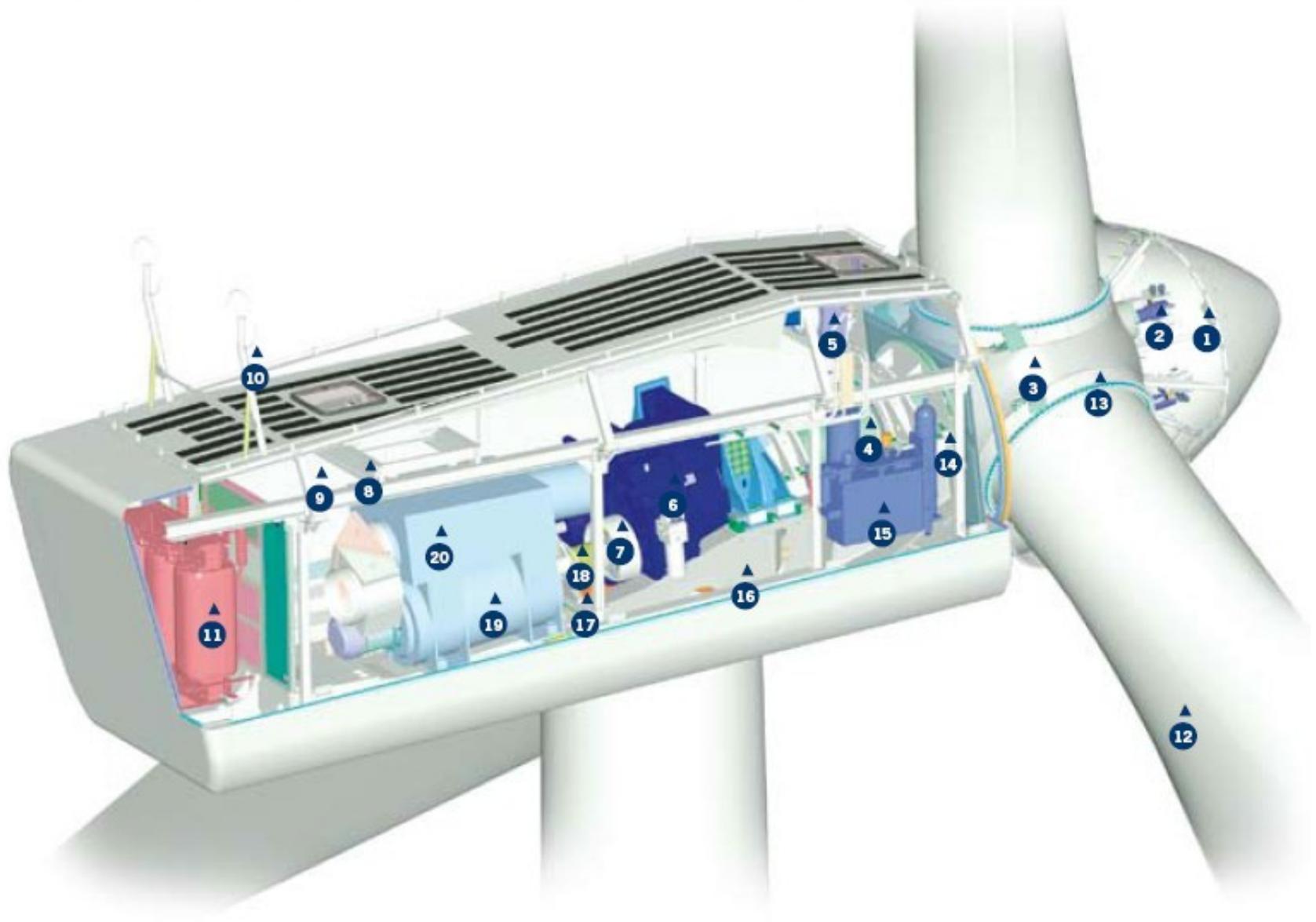
### PRODUCCIÓN



La velocidad del rotor puede variar hasta un 30% por encima o por debajo de la velocidad sincrónica.

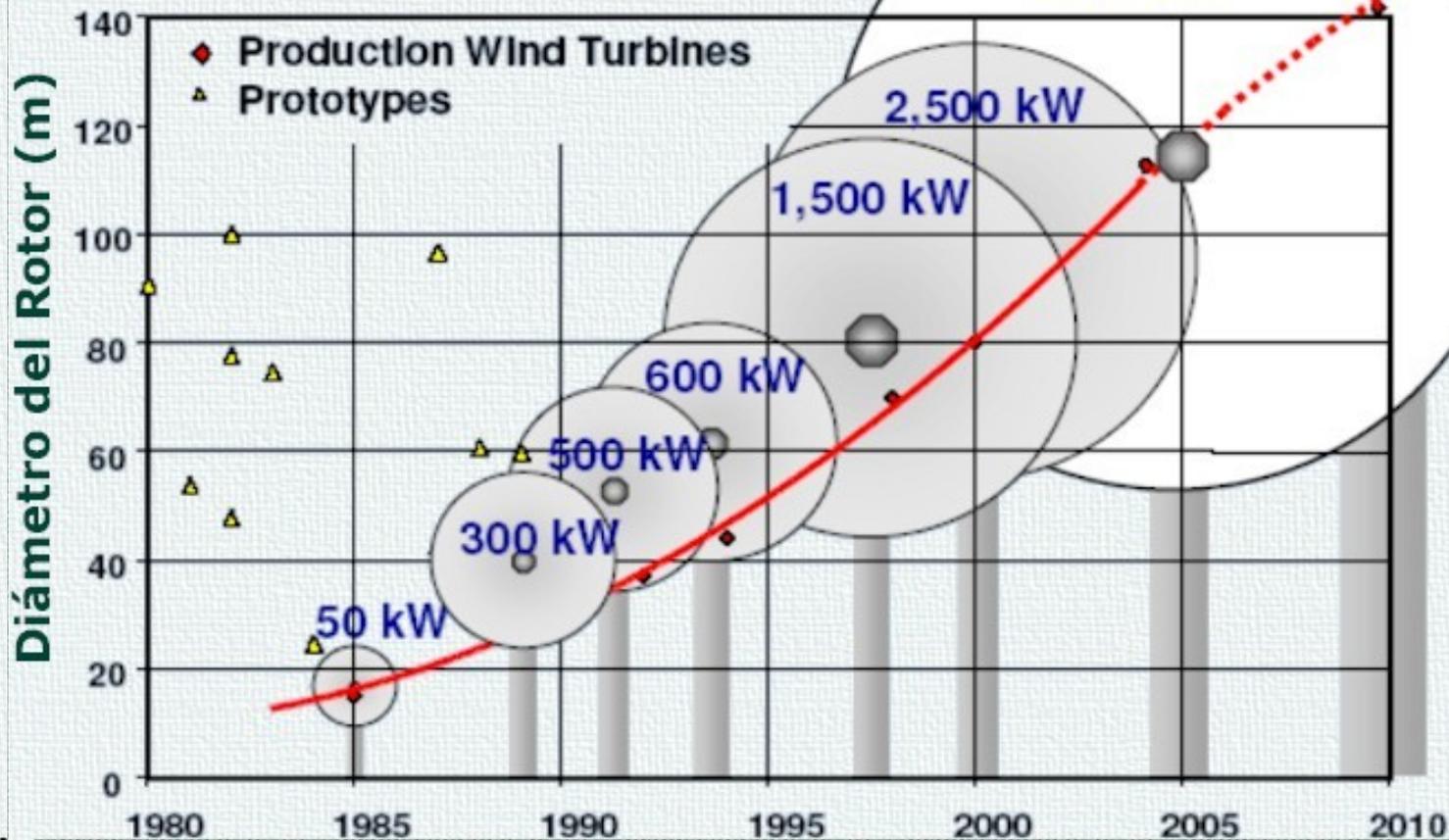
Esto reduce las fluctuaciones no deseadas en la producción suministrada a la red eléctrica y minimiza las cargas en las partes esenciales del aerogenerador.

# Vestas V 80



# Potencia unitaria de los aerogeneradores

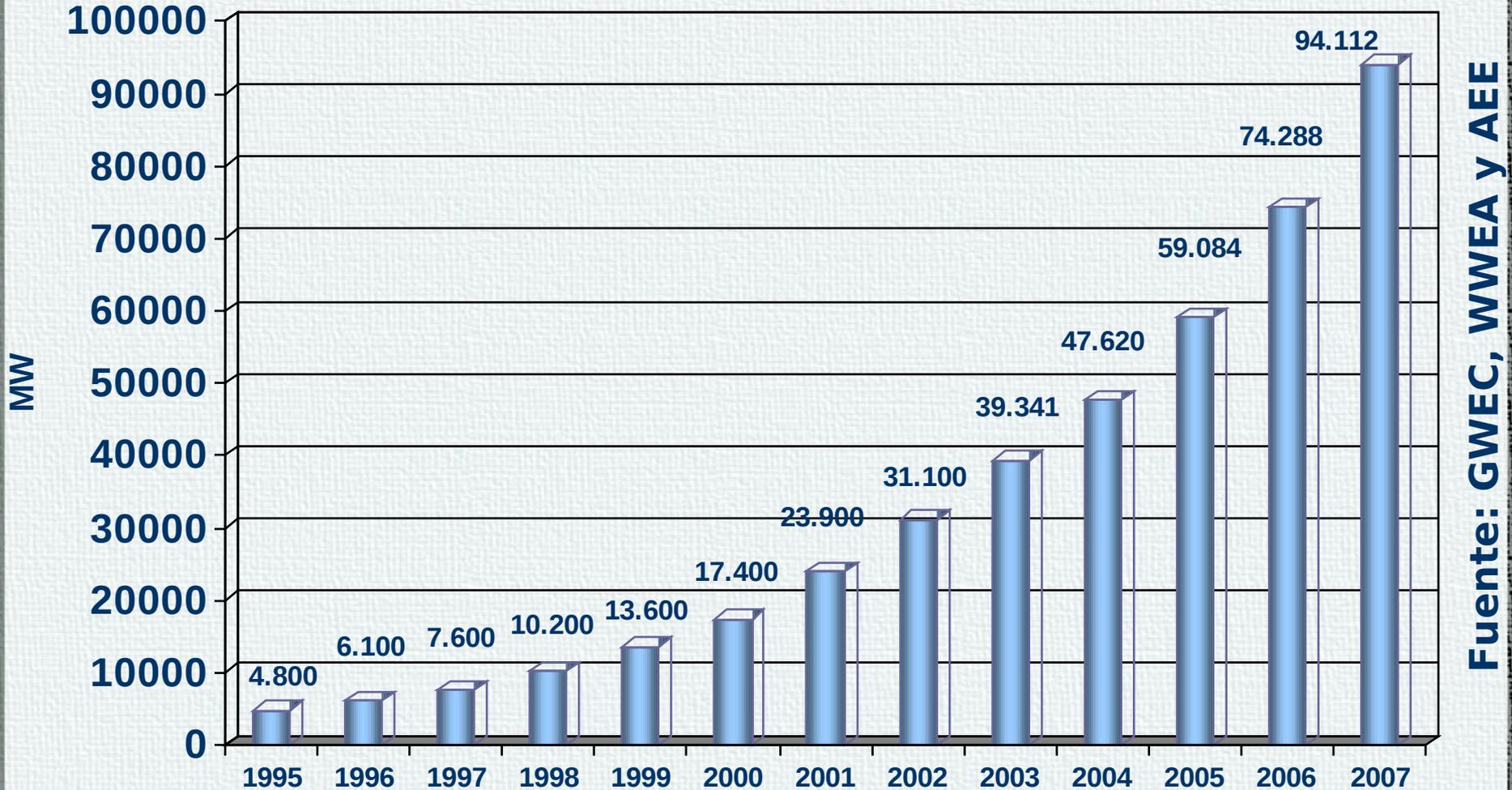
## Desarrollo del tamaño de la Turbinas de Viento



# Potencia Eólica Instalada a nivel mundial

## Capacidad instalada acumulada global

**1995 - 2007**

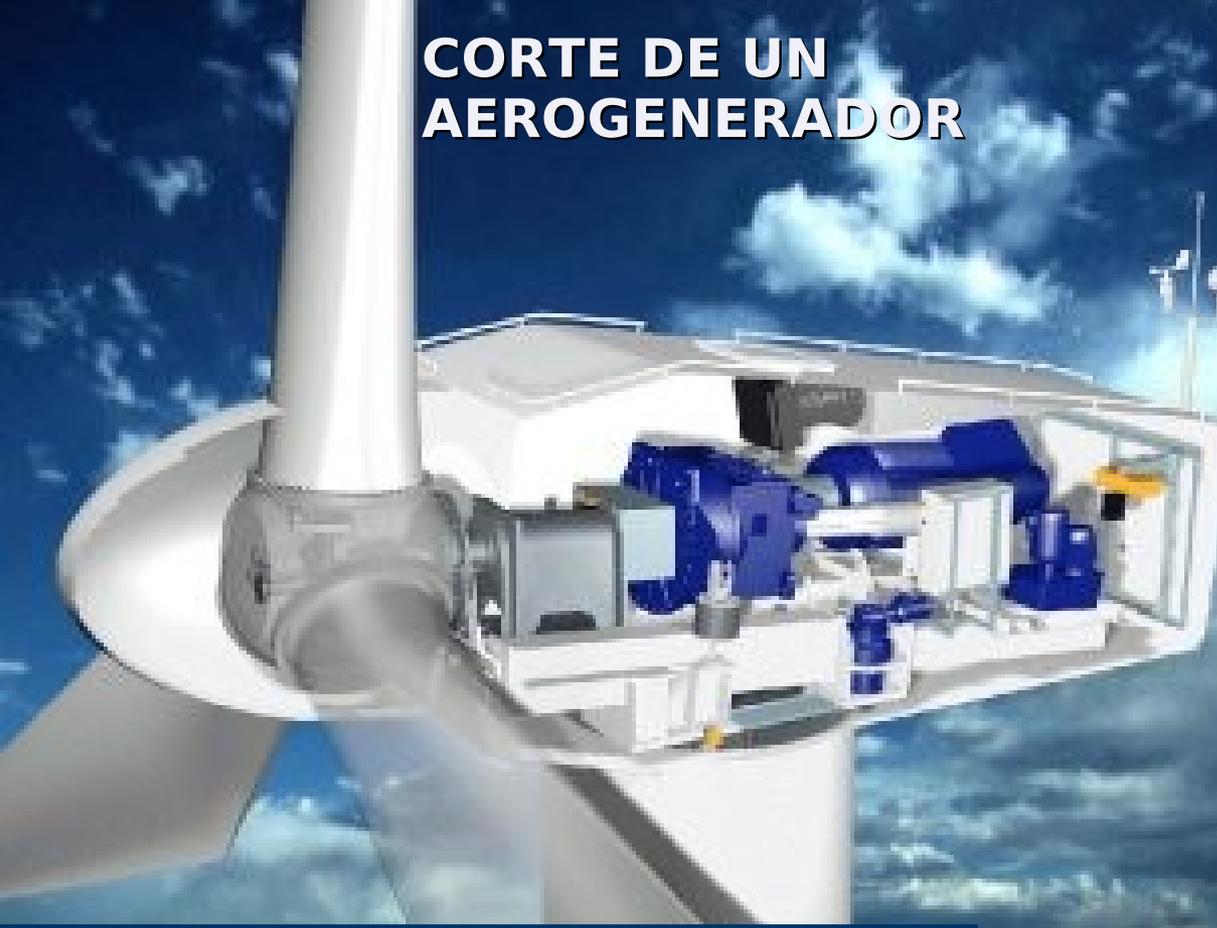


Fuente: GWEC, WWEA y AEE

# Factores que posibilitaron ese desarrollo

- Escalada de precios de combustibles fósiles
- Impacto ambiental de quemar combustibles fósiles
- Desarrollo tecnológico de los equipos, del cual el parque de Caracoles es una muestra del estado del arte (en el 2008) de esta Industria:
  - Rotores de 80 m o más
  - Alturas de bujes de más de 80 m que “minimizan” los obstáculos
  - Equipos de velocidad y paso variable que son “amigables” con la red eléctrica

# CORTE DE UN AEROGENERADOR



Clase de  
rugosidad

Longitud de  
rugosidad m

Tipo de paisaje

2

0,1

Terreno agrícola con algunas casas  
y setos resguardantes de 8 metros  
de altura con una distancia  
aproximada de 500 m.

Rugosidad

Clase 2.0

Long. (m) 0.1

150 m 7.15

140 m 7.08

130 m 7.01

120 m 6.93

110 m 6.84

100 m 6.75

90 m 6.65

80 m 6.53

70 m 6.4

60 m 6.25

50 m 6.07

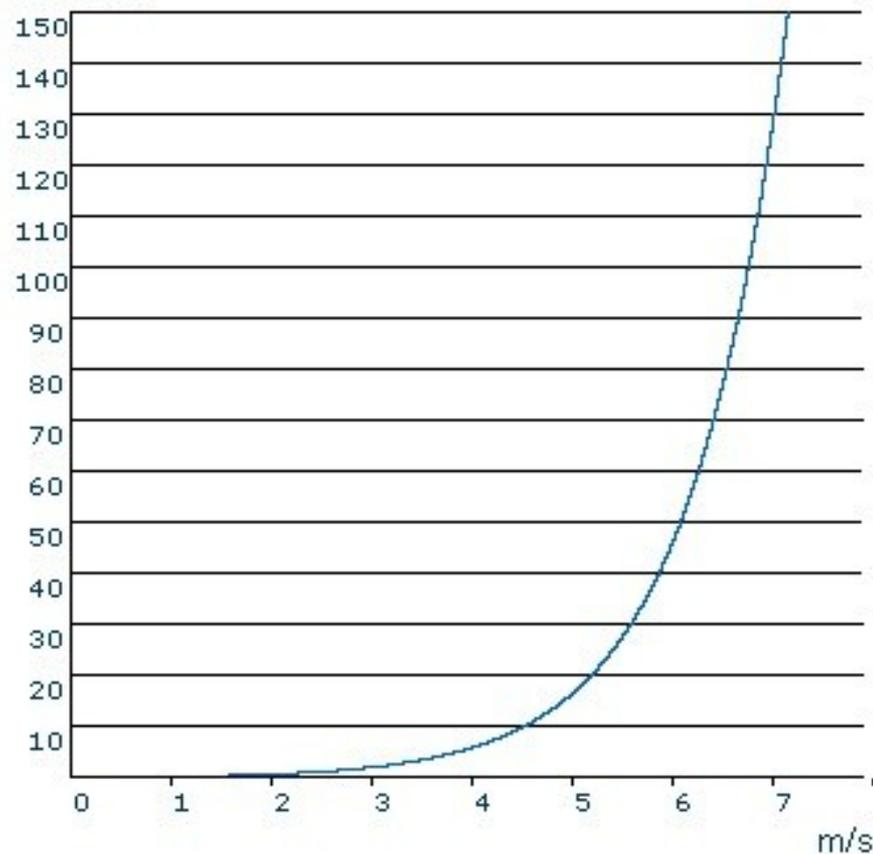
40 m 5.85

30 m 5.57

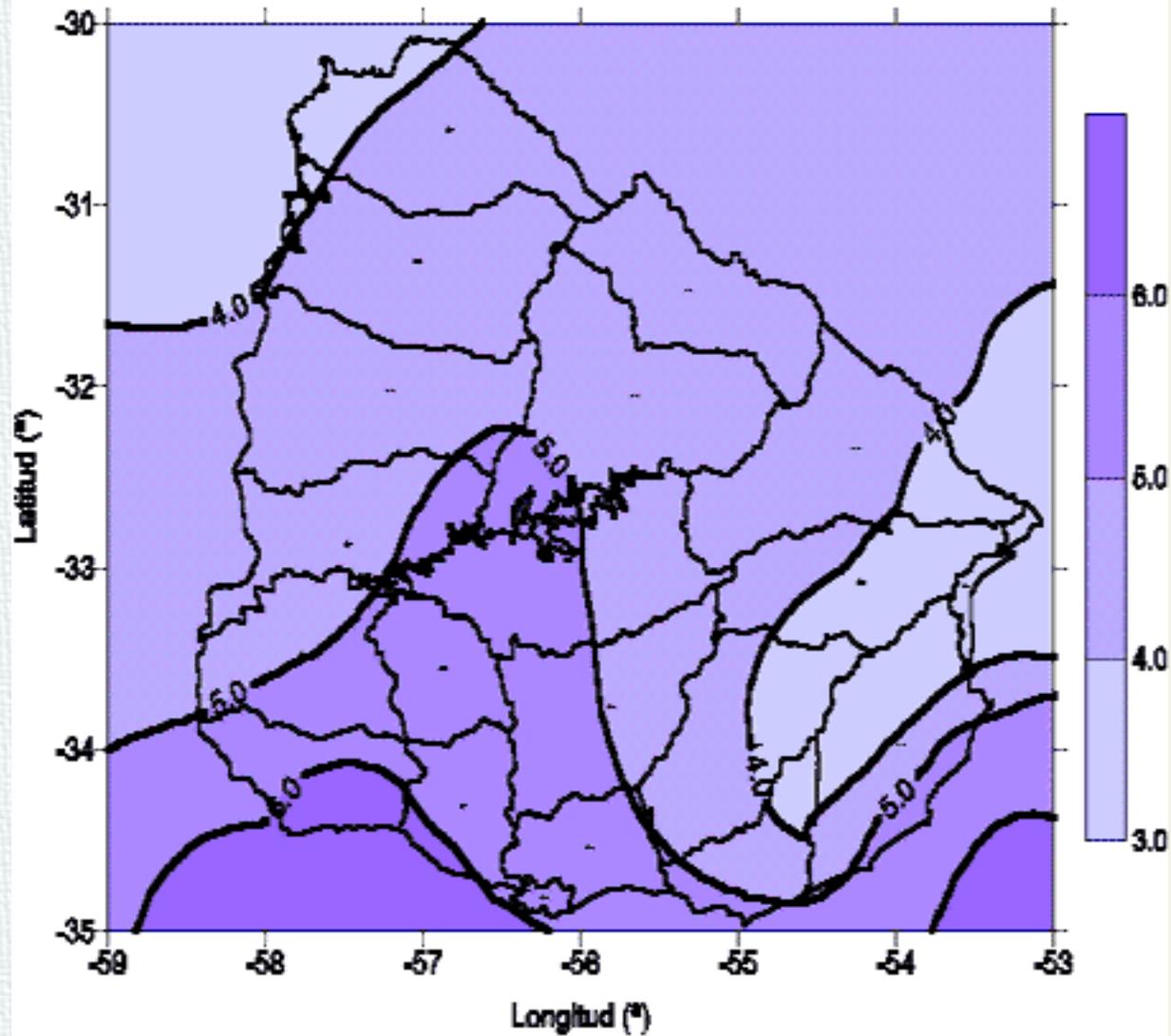
20 m 5.18

10 m 4.5

Longitud de rugosidad = 0.1 m  
m Altura



# Velocidad media a 10mts. (m/s)



Fuente de datos: Dir. Nal. Meteorología

# Densidad: MW/km<sup>2</sup>

**Potencia = 2MW**

**Diámetro = 90m**

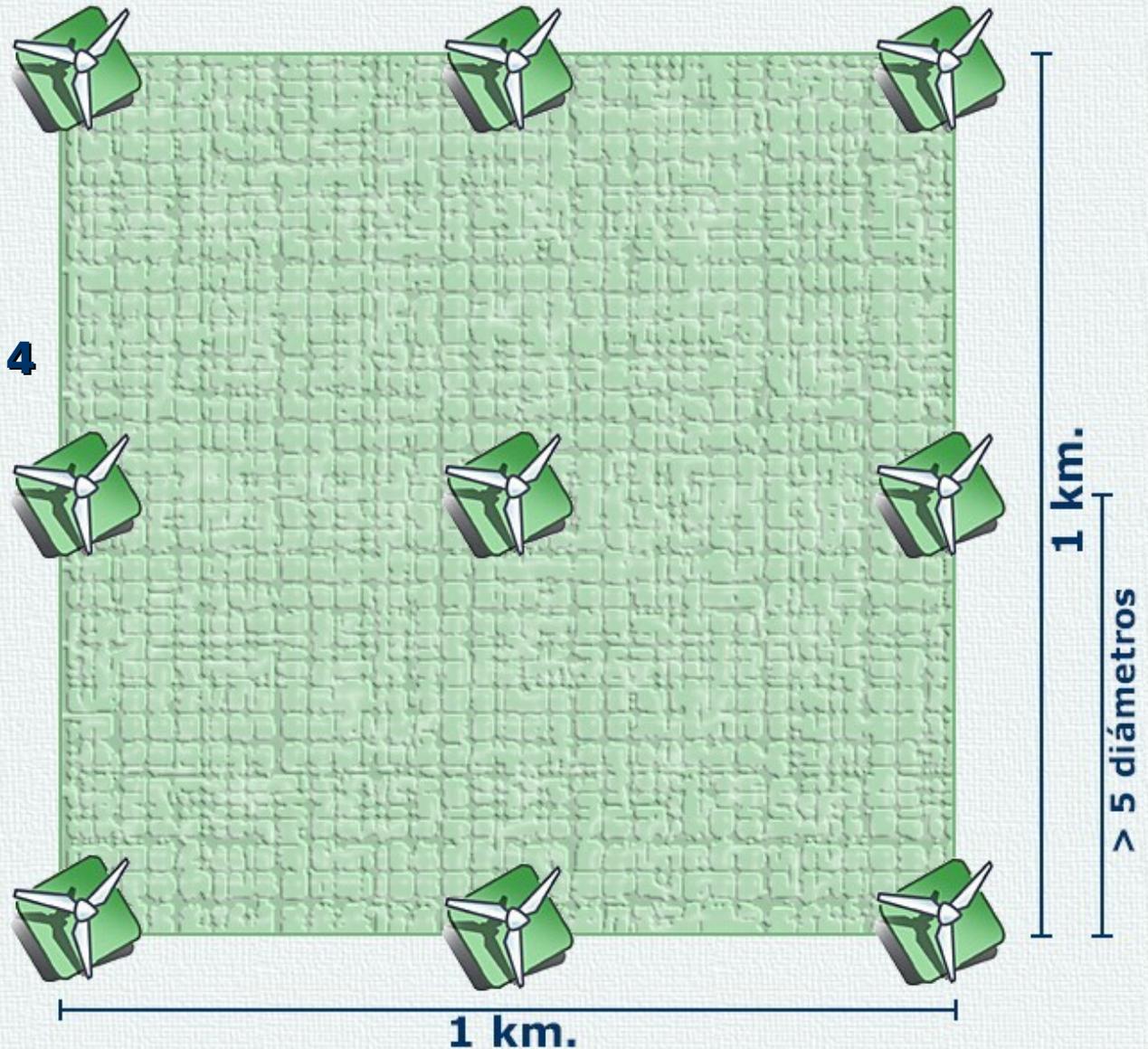
$$4 \times 1/4 + 4 \times 1/2 + 1 = 4$$

⇒ **4 molinos/km<sup>2</sup>**

⇒ **8 MW/km<sup>2</sup>**

⇒ **SI F.P. = 0.25**

⇒ **17.5 GWh/km<sup>2</sup>año**



**Considerando las características geográficas de Uruguay, con abundantes llanuras y escasos obstáculos.**

**Un aerogenerador con la tecnología actual que permite alturas de buje en el entorno de los 100 m es hasta 5 veces más eficiente por km<sup>2</sup> que nuestras centrales hidroeléctricas.**

# El potencial eólico creció con los equipos

- A mayor altura mayor captación del viento.
- Hace menos de 10 años España estimaba su potencial en 1.000 MW.
- Hoy hay más de 16.000 MW instalados y quieren llegar a los 40.000.
- Es difícil determinar el potencial eólico de Uruguay, pero es indudablemente de varios miles de MW, es mayor a las necesidades energéticas, el tema es su característica de autodespacho
- ¿Cómo elegir hoy al país más eólico del mundo?

<b>País</b>	<b>kW eólicos / km2</b>	<b>MW eólicos /: habit.</b>	<b>participación Eólica en el mercado eléctrico(%)</b>
-------------	-------------------------	-----------------------------	--

Dinamarca	72.5	574	20.1
-----------	------	-----	------

Alemania	62.3	269	6.8
----------	------	-----	-----

España	30.0	329	11.5
--------	------	-----	------

Portugal	23.3	190	9.0
----------	------	-----	-----

Irlanda	15.5	267	5.6
---------	------	-----	-----

Italia	9.0	46	1.4
--------	-----	----	-----

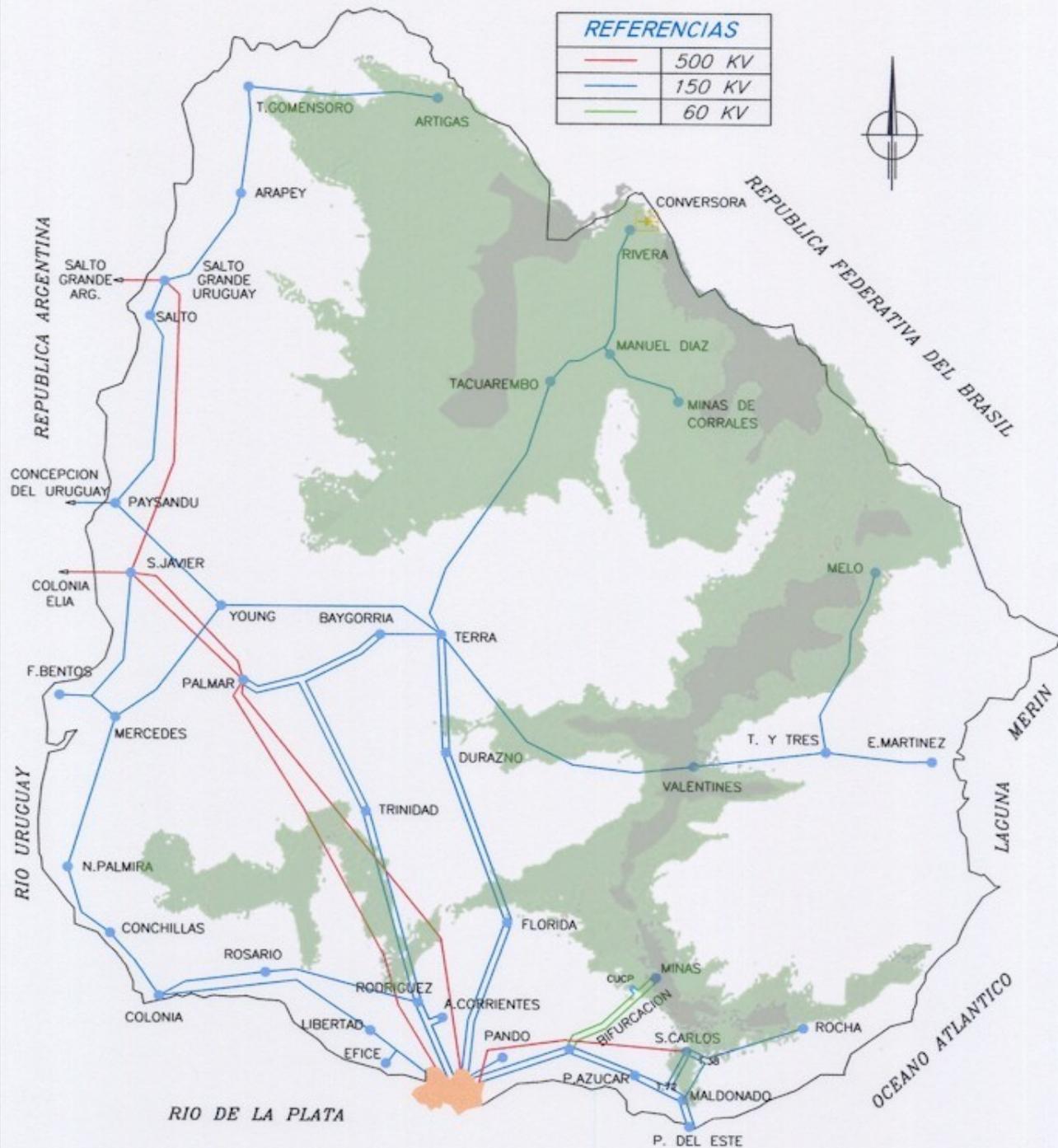
Estados Unidos	1.7	56	0.8
----------------	-----	----	-----

País	kW eólicos / km2	MW eólicos /: habit.	participación Eólica en el mercado eléctrico(%)
Dinamarca	72.5	574	20.1
Alemania	62.3	269	6.8
España	30.0	329	11.5
Portugal	23.3	190	9.0
Irlanda	15.5	267	5.6
Italia	9.0	46	1.4
Estados Unidos	1.7	56	0.8
<b>Uruguay</b>	<b>5.4</b>	<b>285</b>	<b>24.8</b>

# Producción de Energía Eólica por Autonomías Españolas y porcentaje sobre consumo total



	<u>%Producción Eólica</u> Consumo Total	Potencia Eólica Instalada	Población 2006	Superficie en Km <sup>2</sup>
La Rioja	55,6%	446	306.377	5.034
Navarra	46,0%	916	601.874	10.421
Aragón	35,1%	1.676	1.277.471	47.669
Castilla - La Mancha	33,5%	2.614	1.932.261	79.292
Castilla y León	29,0%	2.253	2.523.020	94.187
Galicia	28,7%	2.712	2.767.524	29.434



**REFERENCIAS**

<span style="color: red;">—</span>	500 KV
<span style="color: blue;">—</span>	150 KV
<span style="color: green;">—</span>	60 KV





# Energía Firme o Energía Confiable

- La energía eólica no es firme en el concepto clásico de firmeza
- Sin embargo es muy confiable, un parque eólico producirá una cantidad de energía determinada a lo largo de un período de tiempo que se repetirá a lo largo de los años

# Factores que favorecen la entrada de Eólica al Uruguay

- Complemento con Hidráulica
- Buena interconexión con Argentina y en el futuro próximo con Brasil
- Uruguay dispone ya de 200 MW de turbinas de gas (la Tablada) y 300 MW (Punta del Tigre), y próximamente dispondrá de otros 80 MW (Motores en central Batlle)

# Situación de Eólica en Uruguay hoy

- En el Uruguay actual la matriz eléctrica tiene un alto porcentaje de energía de fuentes renovables y autóctonas, pero la demanda creciente cambiará esa situación rápidamente.
- Con la Energía Eólica se abre una posibilidad de poder mantener en la matriz eléctrica un 80% de **Energías Renovables**.
- Al igual que en otros países se requieren marcos de apoyo para fomentar la energía eólica.

# Barreras para la Eólica en Uruguay hoy

## ➤ **Barreras económicas:**

- Necesidad de grandes inversiones para resolver problemas urgentes.
- Necesidad de tomar conciencia del encarecimiento de la energía

## ➤ **Escaso conocimiento de la tecnología:**

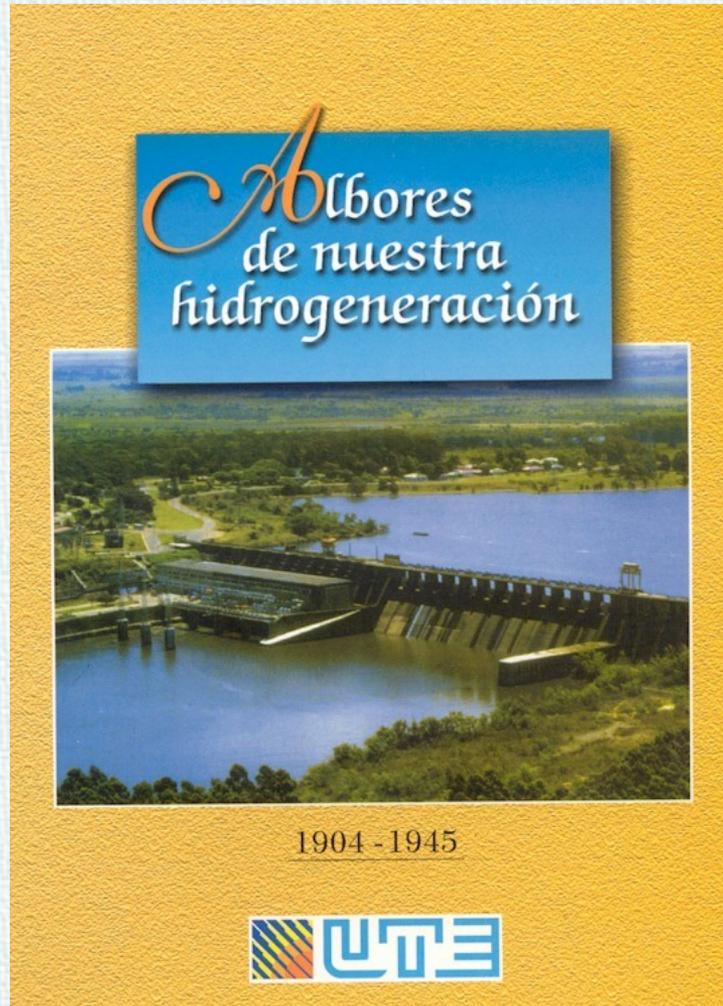
- Existencia de preconceptos
- Falta de confianza en la tecnología.
- Falta de confianza en el recurso en cuanto al despacho.
- Dudas en la afectación a las redes y al servicio.

## ➤ **Falta de regulación para la promoción de renovables:**

- Necesidad de establecer primas

# Situación de Eólica en Uruguay hoy

**Hoy la Energía Eólica está como estaba la Energía Hidráulica en los años 30 del siglo pasado**



# Necesario para el desarrollo eólico:

- Establecer un marco similar a los de los países de gran desarrollo eólico, que transparente los costos de esta estrategia que representa “un desafío para lograr la autonomía energética y conservación del ambiente”.
- Costos que tienen que ser asumidos por la sociedad y no necesariamente por el mercado eléctrico.
- Establecer un plan de incorporación de aerogeneradores a mediano plazo (5 o 10 años).
- Campaña de mediciones en los sitios adecuados.
- Establecer servidumbres para “la plantación de molinos”.

# Los mejores socios para facilitar el ingreso de Energías Renovables

- Capacidad de Intercambio
- Capacidad de almacenamiento de corto plazo (Hidroeléctricos)
- Reserva operacional abundante (Turbo Gas o Motores)

Muchos países ven estos requisitos como un incremento del costo de operación del Sistema.

Para Uruguay por otros motivos (aprovechamientos compartidos, necesidad de respaldo térmico) estos requisitos representan un costo ya incurrido.

# **Proyecto Parque Eólico de 10mw Sierra de los Caracoles - Dpto. de Maldonado**



**Experiencias para un desarrollo eólico en  
gran escala**

# ***Sierra de los Caracoles***





# Parque Eólico Sierra de los Caracoles



© 2008 Europa Technologies  
Image © 2008 DigitalGlobe

©2007 Google

ero 34°37'31.17" S

54°57'17.94" O

elev. 173 m

Secuencia ||||| 100%

Alt. ojo 77



16/11/2008



16/11/2008

# Vestas V 80 - 2.0 MW

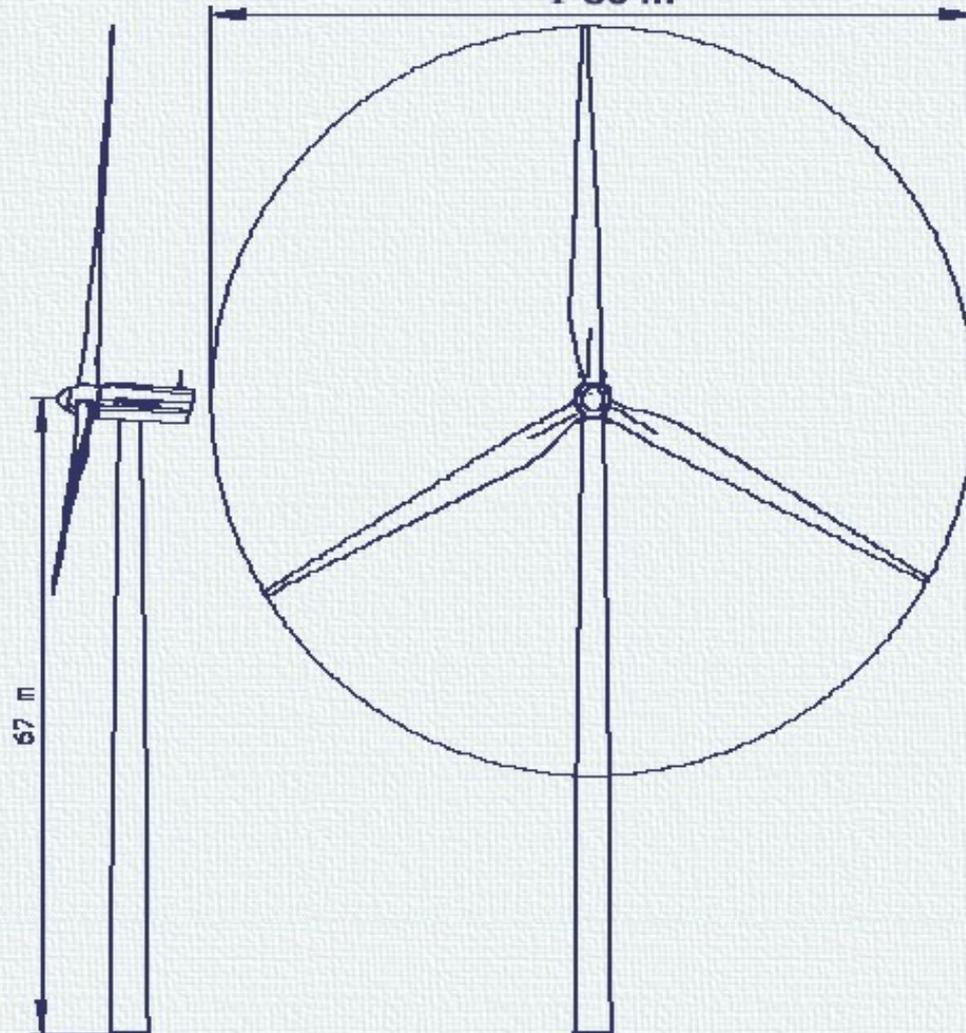
Aerogenerador eólico con regulación de paso con OptiTip® y OptiSpeed™



**Vestas**

**V80 - 2.0 MW**

$\Phi$  80 m



# Dimensiones y Características

- **Diámetro de rotor: 80 m**
- **Altura de buje: 67 m (estándar de 60 a 100 m)**
- **Base de fundación: 14 x 14m x 2m de profundidad**
- **Plataforma de montaje: 50 x 50m**
- **Peso de la Góndola completa: 67,5 T**
- **Peso del rotor: 37,2 T**
- **Peso total del aerogenerador: 218 T**
- **Velocidad de rotor: 9 a 19 r.p.m.**
- **Potencia nominal: 2 MW**
- **Tensión del generador: 690 V**
- **Tensión de salida: 30 Kv**
- **Generador asíncrono de doble alimentación de 900 a 1900 r.p.m.**
- **Paso variable independiente para cada pala**
- **Factor de potencia de + 0.95 a - 0.95 en todo rango**

# Caracterización del sitio de acuerdo con el viento medido

La norma 61400-1 clasifica los aerogeneradores en 4 clases de acuerdo con las condiciones del sitio donde serán instalados. El parámetro más importante para una primera aproximación es la velocidad media, así se tiene:

- Hasta 7,5 m/s.....clase III
- Hasta 8,5 m/s.....clase II
- Hasta 10 m/s.....clase I

Los otros parámetros que deben verificarse son la ráfaga máxima en 1 año de medidas y la turbulencia.

# Sierra de los Caracoles

- El promedio de 1 año de medidas: 8,83 m/s que corresponde a la clase I
- Ráfaga máxima registrada es inferior al límite tolerado por esta clase
- La turbulencia es baja, dentro de los parámetros normalizados de esta clase
- La Sierra de los Caracoles es apta para aerogeneradores normalizados clase I

# Energía disponible

Considerando que a la altura de buje se tiene la misma velocidad que a la altura de medida, de 41 m (efecto característico de las colinas)

**Energía bruta esperada: 42.300 MWh/año**

**Rendimiento Parque: 0,84 (estimado)**

pérdidas eléctricas, efecto estela, diferencias entre los puntos de emplazamiento de los 5 aerogeneradores, ajuste de la curva de potencia al lugar, disponibilidad del parque y de la línea.

**Energía Neta esperada: 35.750 MWh/año (0.4 % de la demanda)**

# Factores de planta

**Factor de planta bruto: 48 %**

**Factor de planta neto: 40,8 %**

# Parque Eólico “Sierra de los Caracoles”

- El promedio de los parques alemanes tiene factor de planta de **18 %**
- El promedio de los parques españoles tiene factor de planta de **25 %**
- El parque de Osorio el mayor de Brasil tiene factor de planta de **33 %**
- El parque de Canela el primero que se instala en Chile inaugurado el año pasado (18 MW - Vestas V 82) tiene factor de planta de **30 %**

# Operación y Mantenimiento

- 2 primeros años: a cargo del Contratista, quien operará el parque desde los Centros de Control de Zaragoza y Buenos Aires.
- UTE supervisará las tareas y adquirirá la experiencia para operar por sí misma.
- Los aerogeneradores se conectan automáticamente cuando hay viento y se desconectan cuando no hay, o cuando hay demasiado.
- El parque podrá ser visualizado desde distintos puntos de la red de UTE (CMD Maldonado, DNC, GEN)