



1er. Seminario de Energía Eólica:

**“AVANCES EN EL APROVECHAMIENTO
DE LA ENERGIA EOLICA EN EL PERU Y
SU POTENCIAL PARA LA GENERACION
DE ELECTRICIDAD AISLADA Y
CONECTADA A LA RED”**

Lima, 24 de Julio de 2008

Petrolera Monterrico S.A.

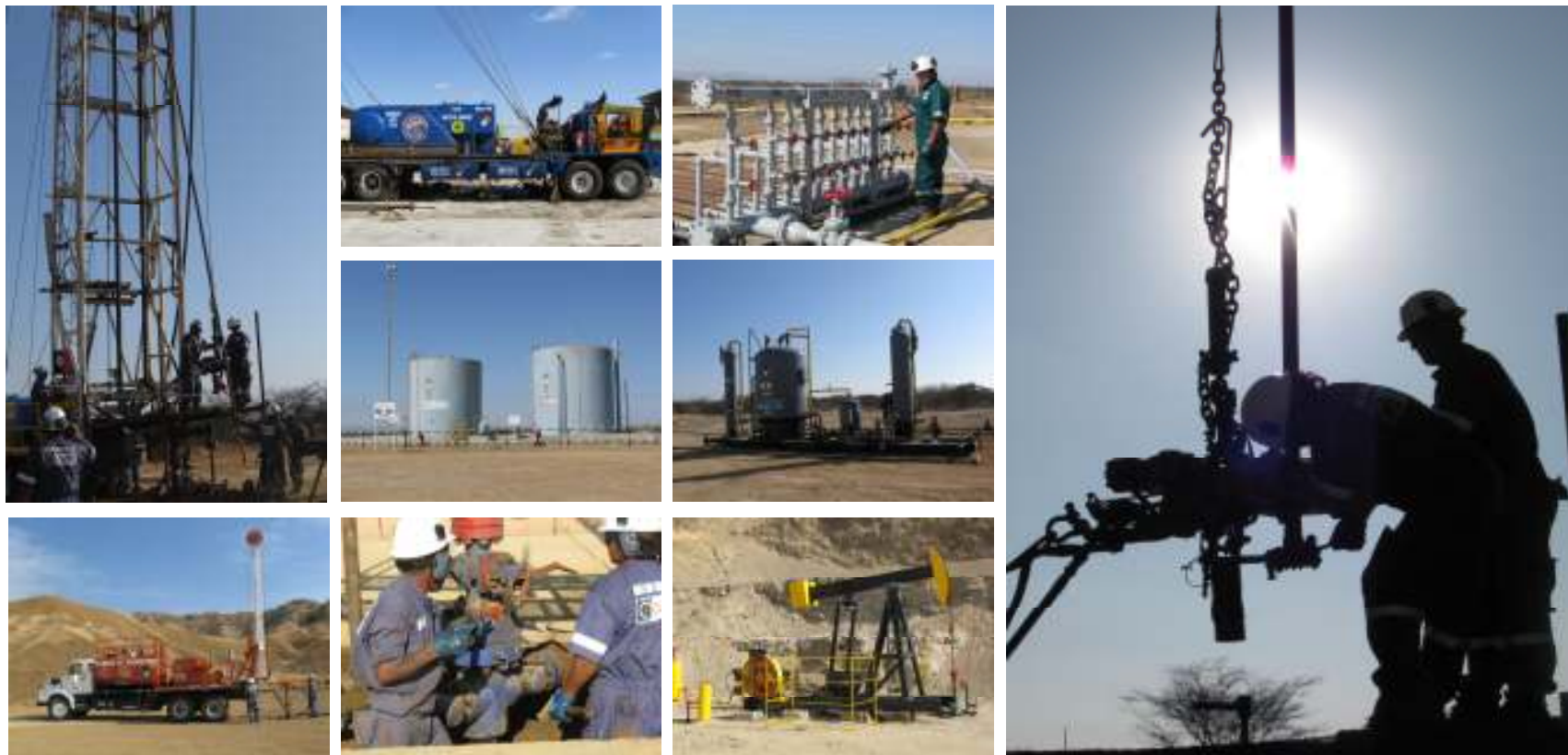


Carlos Foley
Gerente de Proyectos
División de Energías Alternativas

Petrolera Monterrico S.A.:

quienes somos...

- Empresa de capitales nacionales dedicada desde 1996 a la explotación de hidrocarburos en el noroeste del Perú en los lotes II, XV y XX.



Petrolera Monterrico S.A.:

quienes somos...

- Como parte de una estrategia de diversificación la empresa decide incursionar en la industria de generación eléctrica mediante el aprovechamiento de recursos renovables no convencionales.



eólico



solar



geotermia



biomasa



mareomotriz

- Luego de evaluar técnicamente las diversas fuentes de energía disponibles en el país y analizar las tendencias mundiales se toma la decisión de apostar por el desarrollo de la energía eólica.

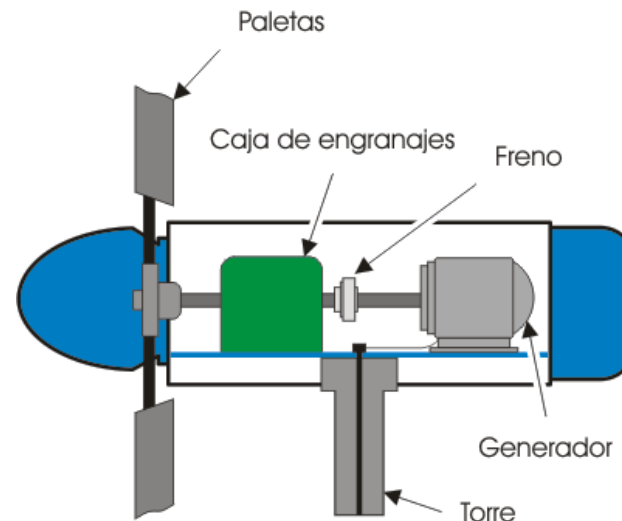
Conceptos Básicos sobre Energía Eólica

Energía Eólica: conceptos básicos...

- **Turbina Eólica:**

Dispositivo mecánico que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica mediante el movimiento de un eje. El generador convierte la energía mecánica en electricidad.

Componentes:



Energía Eólica: conceptos básicos...

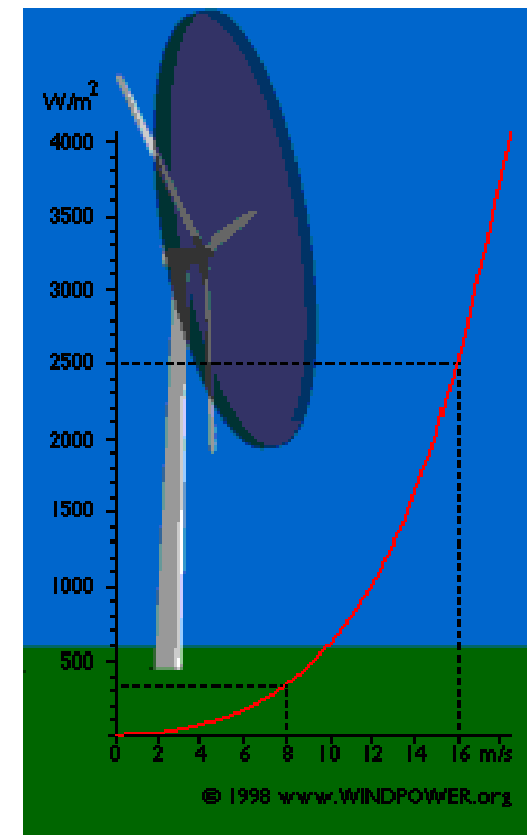
- **Energía Cinética:**

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

La cantidad de energía cinética de una masa de aire (E_k) es igual a la mitad del producto de su masa total (m) y el cuadrado de su velocidad (v).

$$P \sim v^3$$

La cantidad de potencia (p) ejercida por el viento es proporcional al cubo de su velocidad (v).



© 1998 www.WINDPOWER.org

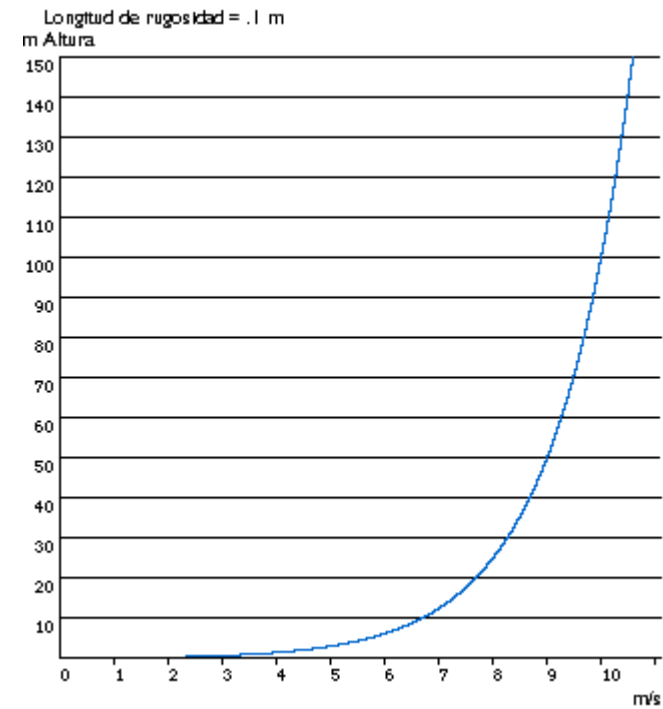
Energía Eólica: conceptos básicos...

- Rugosidad:**

Mide la influencia de la superficie terrestre sobre la velocidad del viento. Cuanto mas pronunciada sea la rugosidad del terreno, mayor será la ralentización del viento.

- Cizallamiento:**

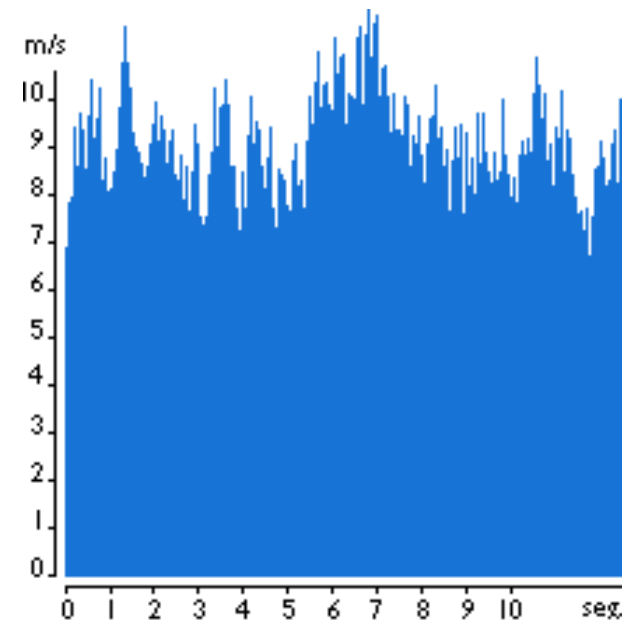
Se refiere a la disminución de la velocidad del viento conforme nos acercamos al nivel del suelo.



Energía Eólica: conceptos básicos...

- **Turbulencia:**

- Aumenta las fluctuaciones en la velocidad del viento.
- Disminuye la posibilidad de utilizar la energía del viento de forma efectiva.
- Provoca mayores roturas y desgastes en la turbina eólica.



Energía Eólica: conceptos básicos...

- **Efecto Estela:**

Cuando el viento abandona las aspas de un aerogenerador tiene un contenido energético menor al de su llegada.



- **Efecto Parque:**

Para minimizar el efecto estela el diseño de parques eólicos considera la mayor distancia posible entre aerogeneradores.



Energía Eólica: conceptos básicos...

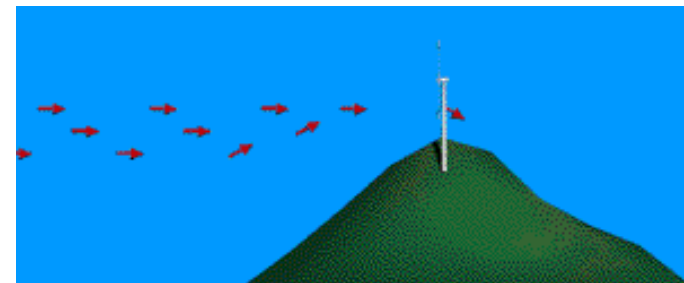
- **Efecto Túnel:**

La velocidad del viento se incrementa considerablemente al pasar entre obstáculos.



- **Efecto Colina:**

El viento es comprimido en la cara de la montaña que da hacia el viento. Una vez que el aire alcanza la cima vuelve a expandirse al descender hacia las zonas mas bajas.



Efectos del Cambio Climático en el Perú

Cambio Climático: efectos en el Perú...

- Según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático – IPCC, **el Perú sería el tercer país más vulnerable frente al cambio climático en el mundo** después de Honduras y Bangladesh.
- El Consejo Nacional del Ambiente - CONAM estima que debido al calentamiento global **para los años 2015 ó 2020 todos los glaciares debajo de los 5,000 m.s.n.m. desaparecerán.**

Cambio Climático: efectos en el Perú...

**“El
Deshielo
de las
Cumbres
Andinas”**

**Nevado
Pastoruri
condenado
a desaparecer**

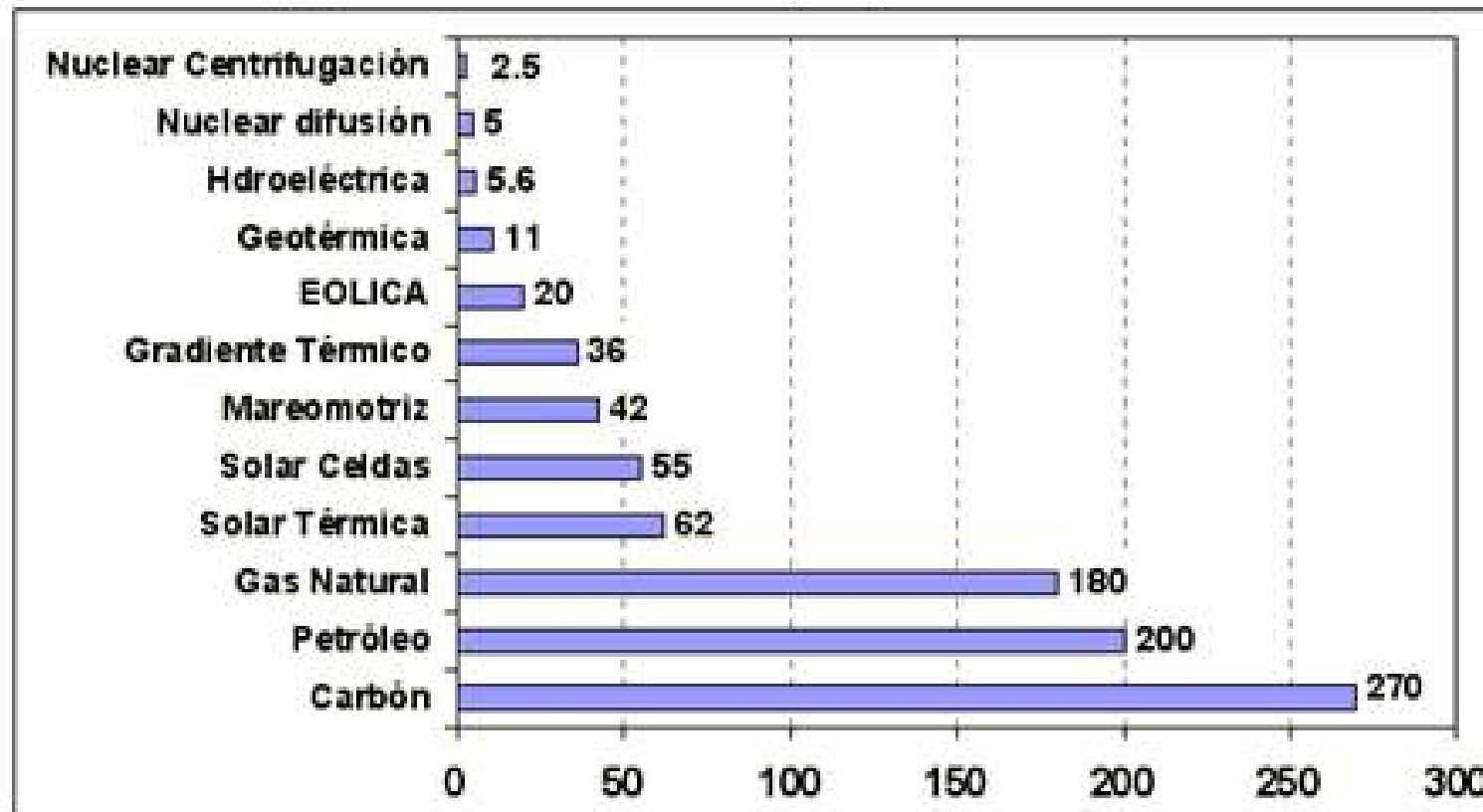


Cambio Climático: efectos en el Perú...

- El acelerado **deshielo de las Cumbres Nevadas Andinas** afectaría la capacidad de generación hidroeléctrica de las centrales ubicadas en la cuenca del Pacífico.
- Resulta necesario **diversificar la matriz energética nacional** y disminuir nuestra dependencia de la generación hidroeléctrica.
- Incentivar la inversión privada en generación eléctrica que aproveche las **Energías Renovables No Convencionales (ERNC)**.

Cambio Climático: contaminación ambiental...

**Emisiones de CO₂ para las diferentes Cadenas Energéticas Completas
(Producción Equipos - Generación Eléctrica) en gramos de CO₂ / kWh**



Fuente: INTI-Economía Industrial en base a M. Gofri, CNEA (2000)

Cambio Climático: bonos de carbono...

- La energía eólica es considerada como energía limpia por su bajos niveles de contaminación.
- Los proyectos eólicos califican como proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que bajo el amparo del Protocolo de Kyoto permite emitir y comercializar Certificados de Reducción de Emisiones de CO₂e (CER's) y comercializarlos en el mercado internacional.

Cambio Climático: bonos de carbono...

Reducción de Emisiones de CO2 de un Parque Eólico

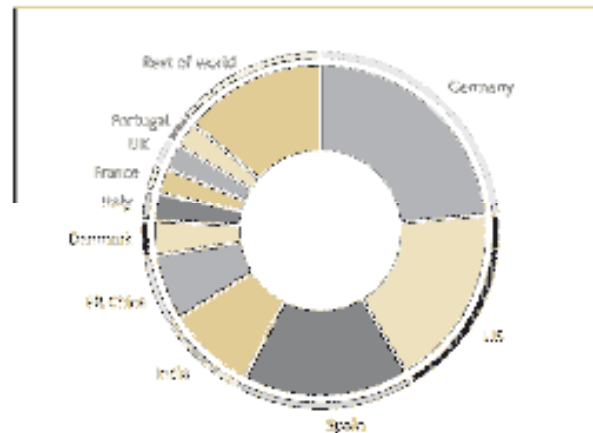
Factor de Reducción = 544.95 tCO2e/GWh x año

Capacidad Instalada (MW)	Producción Anual (Gwh/año)	Reducción Anual (tCO2e/año)	Cotización CER's (US\$/tCO2e)	Ingresos Extraordinarios (US\$/año)
100	306.60	167,081.67	\$ 15.00	\$ 2,506,225.05

Capacidad Instalada Mundial de Energía Eólica

Energía Eólica: capacidad instalada mundial...

TOP 10 TOTAL INSTALLED CAPACITY

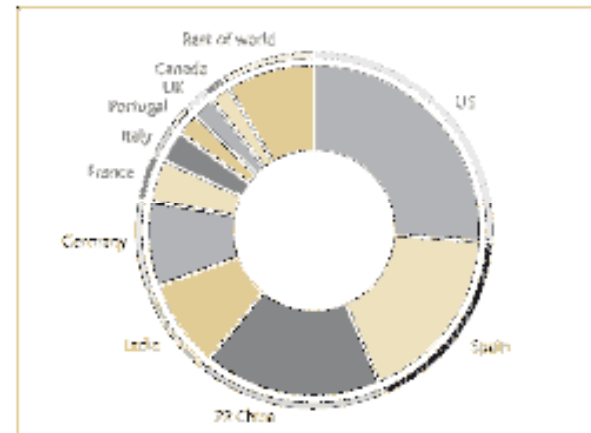


	MW	%
Germany	22,247	23.7
US	16,813	17.9
Spain	15,145	16.1
India	7,949	8.4
PR China	5,906	6.3
Denmark	3,125	3.3
Italy	2,720	2.9
France	2,454	2.6
UK	2,389	2.5
Portugal	2,150	2.3
Rest of world	13,060	13.9
Total top 10	60,005	63.1
Total	95,064	100.0

58%



TOP 10 NEW CAPACITY

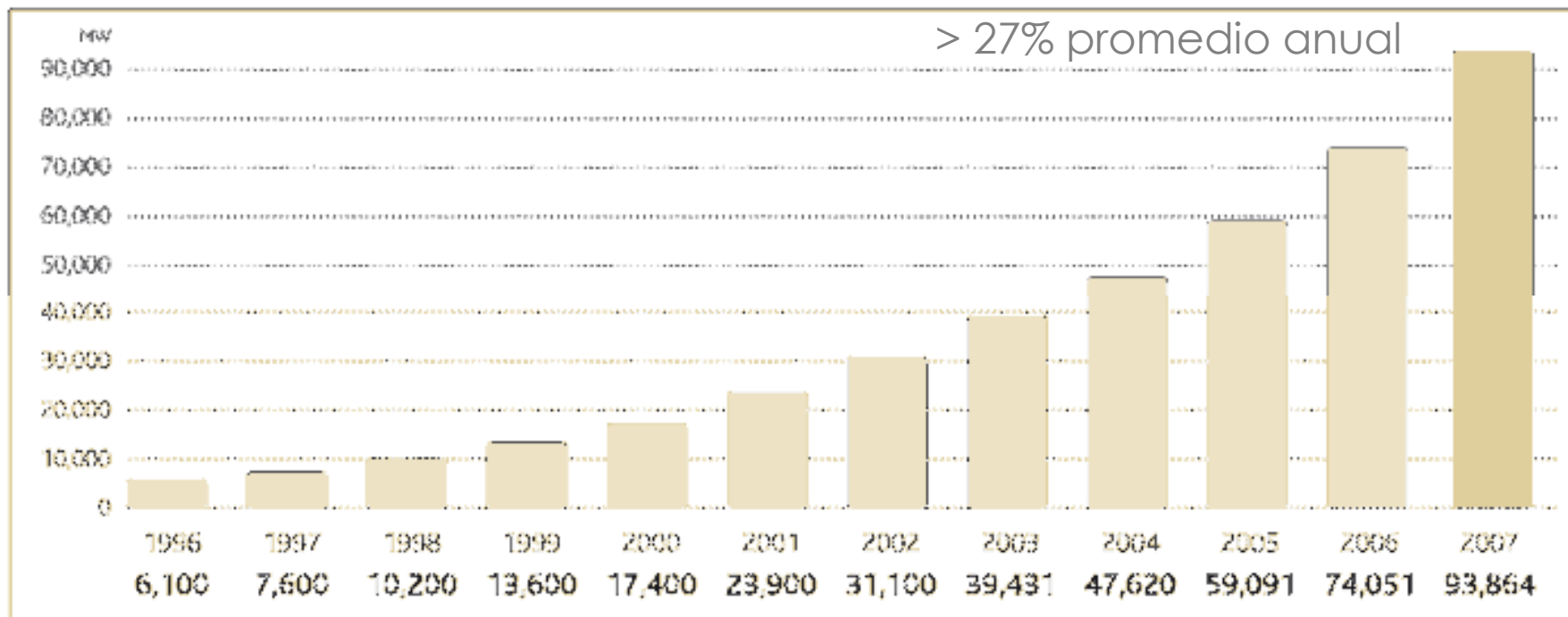


	MW	%
US	5,244	26.4
Spain	3,582	18.2
PR China	3,304	16.6
India	1,519	7.6
Germany	1,667	8.4
France	669	3.4
Italy	608	3.0
Portugal	434	2.2
UK	427	2.1
Canada	386	1.9
Rest of world	1,815	9.1
Total top 10	19,050	90.9
Total	20,955	100.0

Fuente: Global Wind 2007 Report – GWEC

Energía Eólica: capacidad instalada mundial...

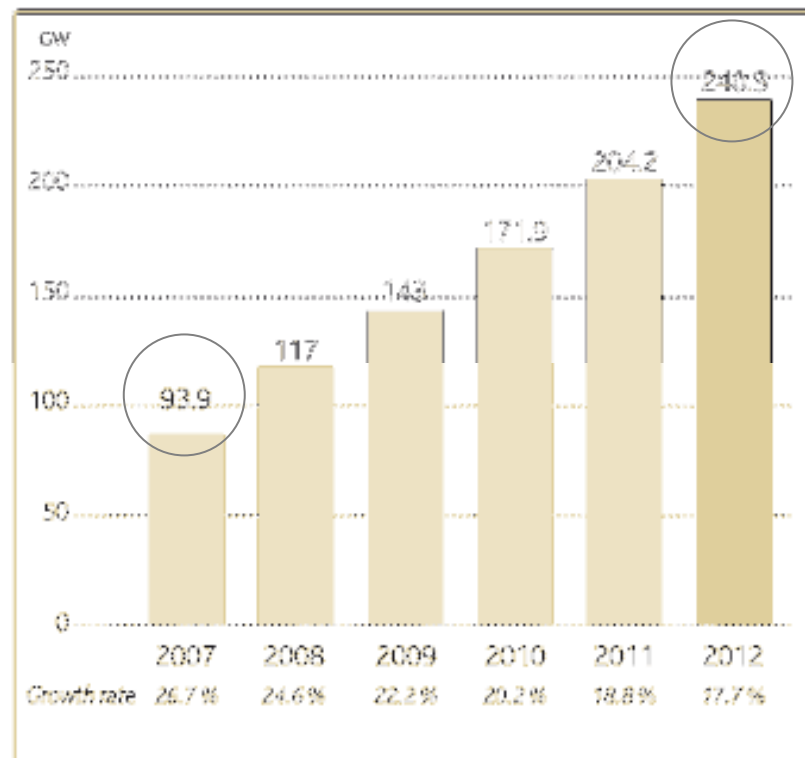
GLOBAL CUMULATIVE INSTALLED CAPACITY 1996-2007



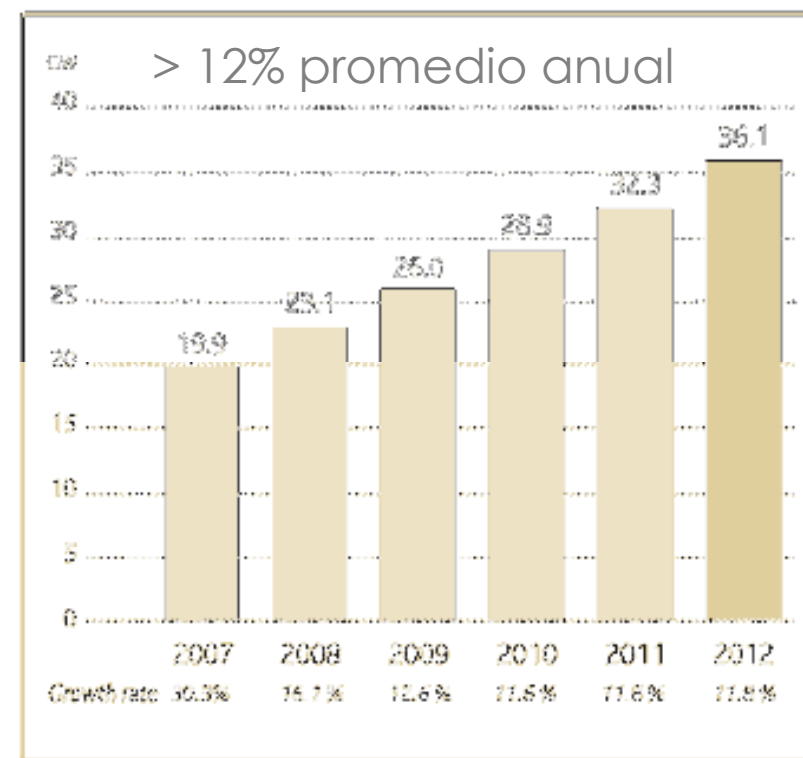
Fuente: Global Wind 2007 Report – GWEC

Energía Eólica: capacidad instalada mundial...

CUMULATIVE CAPACITY 2007 - 2012



ANNUAL INSTALLED CAPACITY 2007 - 2012



Fuente: Global Wind 2007 Report - GWEC

El Desarrollo de la Energía Eólica en el Perú

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú:

usos de la energía del viento...

- **Por su utilización, la energía eólica en el Perú, se puede clasificar en dos grandes rubros:**
 - Para electrificación y bombeo de agua en zonas rurales, aisladas y de frontera.
 - Para generación eléctrica para conexión a Red.

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú:

usos de la energía del viento...

- **Electrificación y bombeo de agua en zonas rurales, aisladas y de frontera.**
 - Unidades pequeñas.
 - Costos relativamente bajos.
 - Impulsado con fines sociales por el estado, ONG`s y universidades.

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: usos de la energía del viento...

- **Generación eléctrica para conexión a Red:**
 - Unidades de mediana y gran capacidad.
 - Altos costos de inversión.
 - Desarrollos privados con fines comerciales.

Energía Eólica: Generación de Electricidad para Conexión a Red

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: generación eléctrica para conexión a red...

- **1983:** La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) presenta el **1er. Mapa Eólico Preliminar del Perú** (48 puntos de medición).
- **1989:** ELECTROPERU inicia los estudios investigación de energía eólica en la costa peruana y define la potencialidad de **Malabrigo (La Libertad) y San Juan de Marcona (Ica)**.
- **1993:** La Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica – ADINELSA publica el **2do. Mapa Eólico Preliminar del Perú** (153 puntos de medición 1985 – 1993) y se estima un **potencial de 57,000 MW** a lo largo de toda la costa.

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: generación eléctrica para conexión a red...

- **1996:** La Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP) del Ministerio de Energía y Minas (MEM) implementa el Proyecto Piloto Malabrigo de 250 kW.
- **1999:** La DEP implementa el Proyecto Piloto San Juan de Marcona de 450 kW.
- **2000:** Los Proyectos Piloto Malabrigo y San Juan de Marcona son transferidos a ADINELSA.
- **2001:** El MEM publica en el “Atlas de Minería y Energía en el Perú 2001” el Potencial Disponible de Energía Eólica.

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: generación eléctrica para conexión a red...

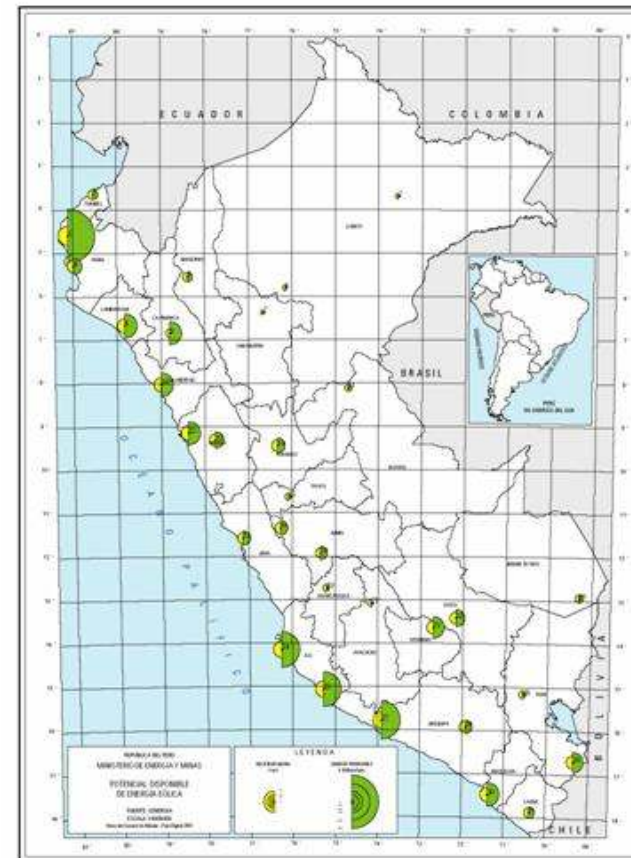
- **2004:** ADINELSA publica el documento **“Evaluación Técnica y Económica de las Centrales Eólicas Piloto Malabrigo y San Juan de Marcona”**.
- **2007:** El MEM otorga a **Petrolera Monterrico S.A.** la **1ra. Concesión Temporal** para desarrollar los estudios relacionados a la actividad de generación eléctrica en la futura **Central Eólica Malabrigo**.
- **2008:** El MEM contrata los servicios del Consorcio **Meteosim Truewind – Latin Bridge Business** para la elaboración del **Mapa Eólico Nacional del Perú**.

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: atlas eólicos preliminares...

ADINELSA 1993



MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS 2001



Centrales Eólicas Piloto

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: centrales eólicas piloto...

C.E. Piloto Malabrigo



Micon 250 kW, Dinamarca

C.E. Piloto San Juan de Marcona



Mitsubishi 450 kW, Japón

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: centrales eólicas piloto...

Velocidad de Viento Promedio

ALTURA	MALABRIGO	SAN JUAN DE MARCONA
A Nivel de Buje	8 m/s a 30m	9 m/s a 40m
Proyectada a 55 m.	10.31 m/s	10.88 m/s

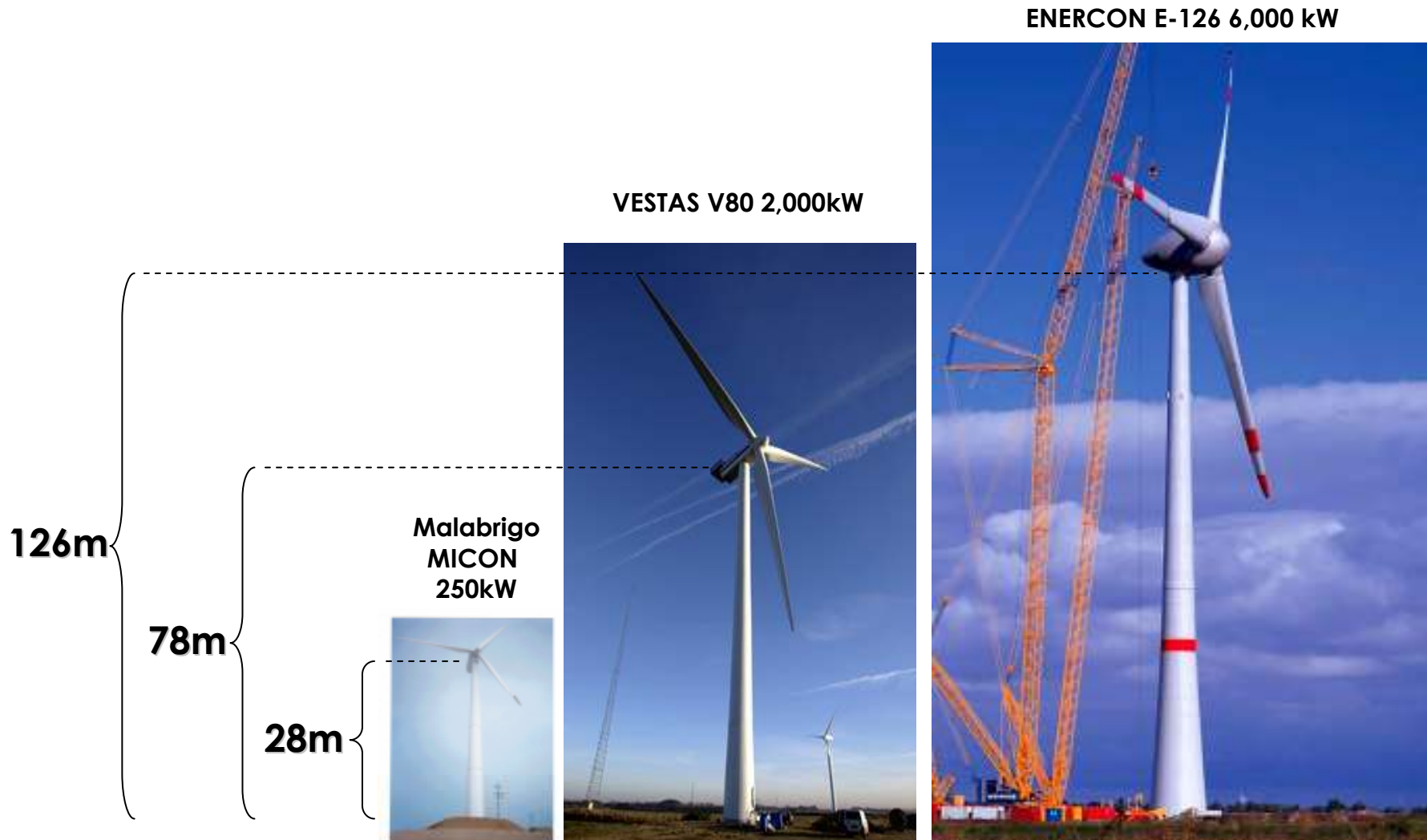
Fuente: ADINELSA

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: centrales eólicas piloto...

Características Técnicas

CARACTERISTICAS	MARCONA	MALABRIGO	TECNOLOGIA ACTUAL	
Fabricante	MITSUBISHI	MICON	VESTAS	ENERCON
Modelo	MWT-450	M600	V80	E-126
Potencia	450 kW	250 kW	2,000 kW	6,000 kW
Procedencia	Japón	Dinamarca	Dinamarca	Alemania
Número de Aspas	3	3	3	3
Diámetro	39 m	28 m	80 m	126 m
Altura de la Torre	40 m	30 m	78 m	138 m
Peso Total	50 TM	28 TM	300 TM	> 3,000 TM

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: avances tecnológicos...



El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: avances tecnológicos...

Tendencia Creciente de la Potencia de los Aerogeneradores



Concesiones Temporales Otorgadas por el MEM

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú:

concesiones temporales otorgadas por el MEM...

EMPRESA BENEFICIARIA	NRO. CONCESIONES	POTENCIA INSTALADA		AREA	
		MW	%	HAS	%
NORDWIND S.A.C.	1	-	-	13,200	3.11%
INVERSIONES TROY S.A.	1	300	6.55%	2,600	0.61%
PETROLERA MONTEVICINO S.A.	2	230	5.02%	1,682	0.40%
PERU ENERGIA RENOVABLE S.A.	5	800	17.47%	72,530	17.08%
ENERGIA EOLICA S.A.	6	1,440	31.44%	74,793	17.61%
IBEROPERUANA INVERSIONES S.A.C.	14	1,810	39.52%	259,957	61.20%
TOTAL	29	4,580	100.00%	424,763	100.00%

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)
Elaboración: Propia

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú:

distribución geográfica de proyectos...

Potencia Total Instalada en Estudio: 4,580 MW

Norte: 18 Proyectos - 2,270 MW – 63%

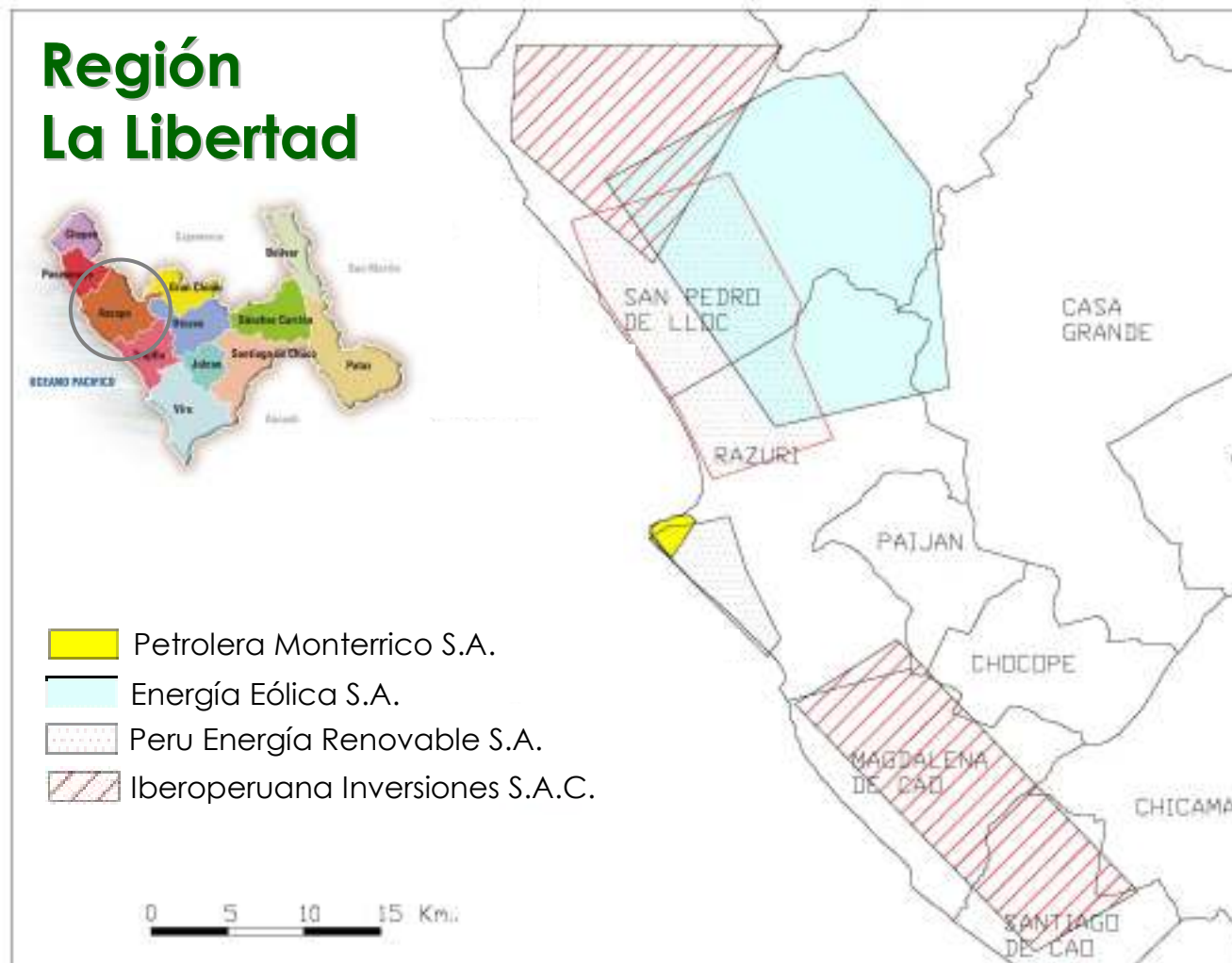
Norte Chico: 1 Proyecto - 240 MW – 6%

Sur Chico: 2 Proyectos - 320 MW – 7%

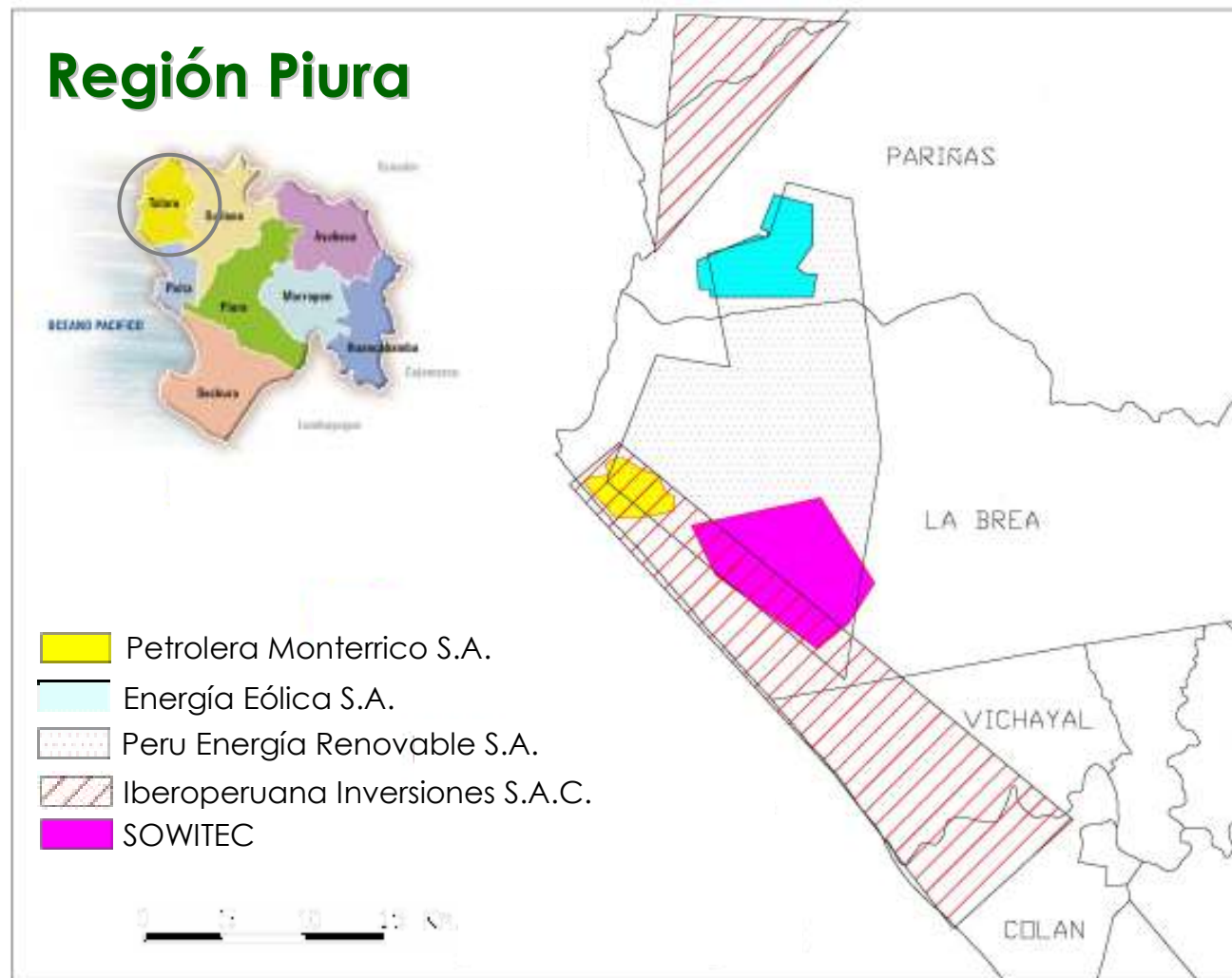
Sur: 6 Proyectos – 1,050 MW – 24%



El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: distribución geográfica de proyectos...



El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: distribución geográfica de proyectos...



Marco Legal

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: marco legal...

- **Ley N° 25844:**
“Ley de concesiones eléctricas (LCE)”
- **D.S. N° 009-93-EM:**
“Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (RLCE)”
- **Ley N° 28832:**
“Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica”

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: marco legal...

- **D.L. N° 1002:**

“Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables”

- **D.L. N° 1041:**

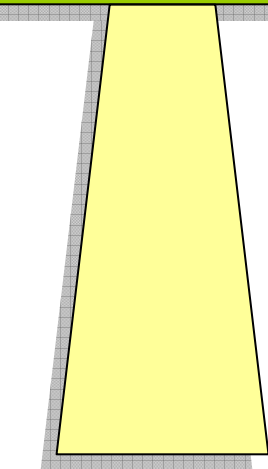
“Modificatoria de diversas normas del marco normativo eléctrico”

- **D.L. N° 1058:**

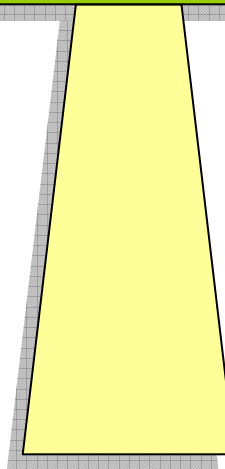
“Promoción de la inversión en la actividad de generación eléctrica con recursos hídricos y otros recursos renovables”

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: marco legal...

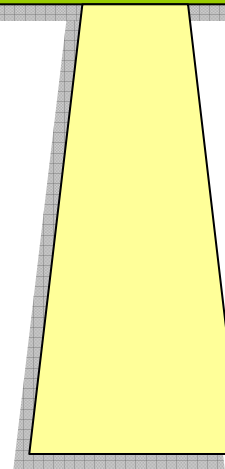
D.L. N° 1002:
**“Promoción de la inversión para la generación de
electricidad con el uso de energías renovables”**



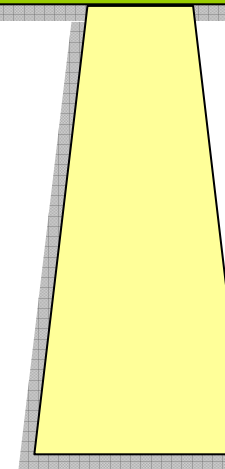
**Porcentaje
Objetivo
Anual 5%**



**Prioridad en
el Despacho
CV = 0**



**Prioridad de
Conexión a
la red**



**Prima / Tarifa
 $P_i = CMg_i - T$**

Corto Plazo
OSINERGMIN

**Rentabilidad
Garantizada 12%**

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: marco legal...

**D.L. Nro. 1041:
“Modificatoria de diversas normas del marco
normativo eléctrico”**

Entre otras modificaciones...

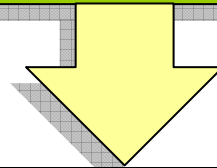
Modifica Art. 8° - Ley 28832
Condiciones de los contratos derivados de un proceso de LICITACION: Amplía el plazo de suministro de 15 a 20 años

Modifica Art. 26° - Ley 28832
La compensación para remunerar la Base Tarifaria de las instalaciones de Sistema Garantizado de Transmisión es asignada a los USUARIOS por OSINERGMIN.

El desarrollo de la Energía Eólica en el Perú: marco legal...

D.L. N° 1058:

“Promoción de la inversión en la actividad de generación eléctrica con recursos hídricos y otros recursos renovables”



La actividad de generación eléctrica a base de recursos hídricos u otros recursos renovables como eólico, solar, geotérmico, biomasa y mareomotriz, gozarán del régimen de depreciación acelerada para efectos del impuesto a la renta.

Proyectos Eólicos

Petrolera Monterrico S.A.

Proyecto
Parque Eólico Malabrigo
60 MW

Proyecto Parque Eólico Malabrigo 60 MW: ubicación...



Distrito: Rázuri
Provincia: Ascope
Región: La Libertad



Proyecto Parque Eólico Malabrigo 60 MW: linderos de la concesión temporal...



Proyecto
Parque Eólico La Brea
170 MW

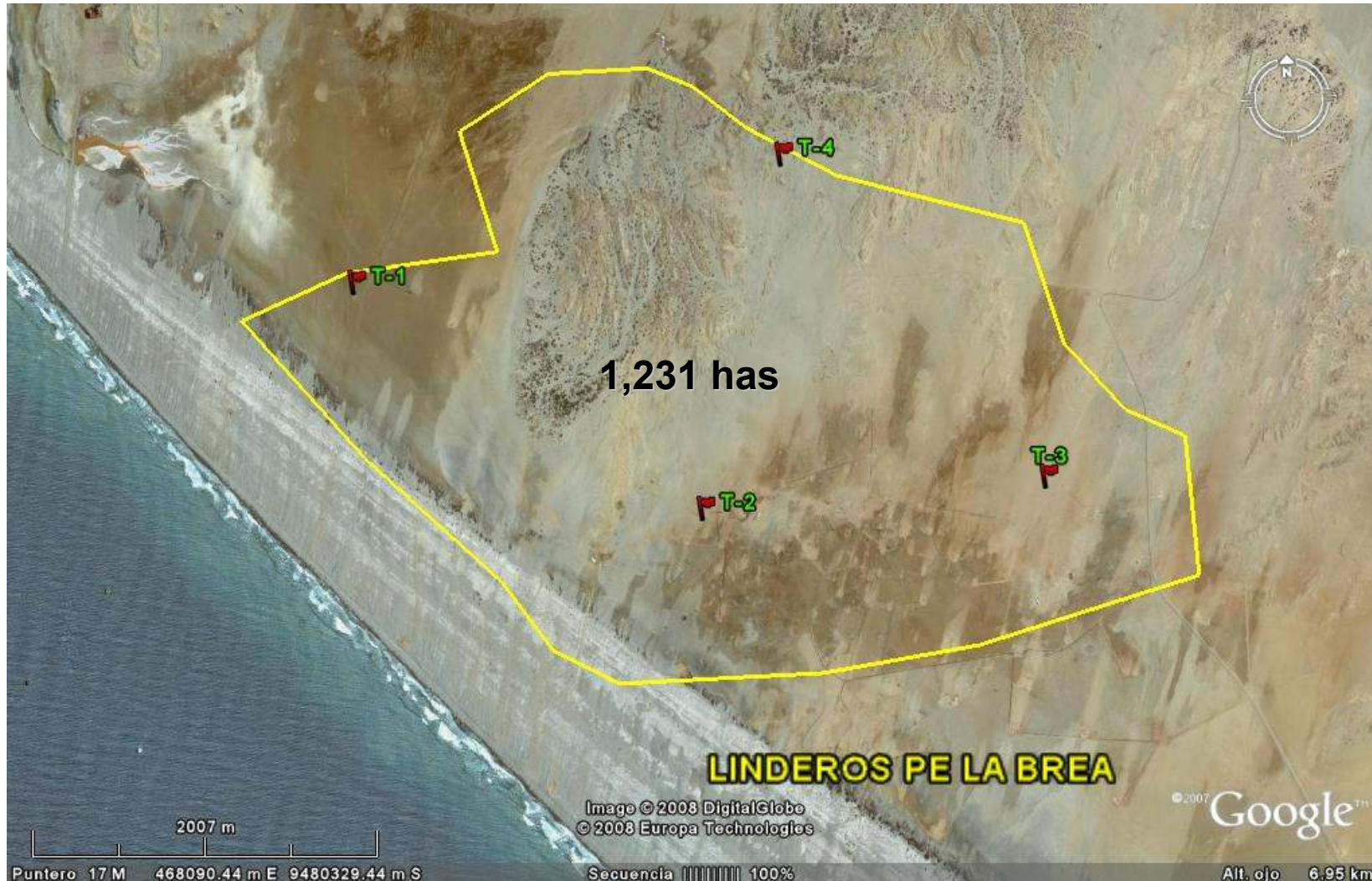
Proyecto Parque Eólico La Brea 170 MW: ubicación...



Distrito: La Brea
Provincia: Talara
Región: Piura



Proyecto Parque Eólico La Brea 170 MW: linderos de la concesión temporal...



Campaña de Medición del Recurso Eólico

Proyectos Eólicos: campaña anemométrica...

Objetivos:

- Caracterización del recurso eólico:
 - Velocidad promedio.
 - Dirección predominante.
 - Patrón diario, mensual y estacional.
 - Perfil día-noche.
 - Distribución de frecuencias (dirección y velocidad).
 - Rosa de vientos.
 - Análisis de turbulencia.
 - Rugosidad y cizallamiento.
 - Correlación de largo plazo.

Proyectos Eólicos:

campaña anemométrica...

- **Objetivos:**

- Micrositing (micro-localización):
 - Optimización de la distribución de turbinas.
- Determinación del potencial instalable

- **Periodo de duración mínima:**

- 12 meses.

Proyectos Eólicos: componentes de las torres de medición...



**Anemómetro de Copas
(Sensor de Velocidad)**



**Veleta
(Sensor de Dirección)**



Sensor de Temperatura

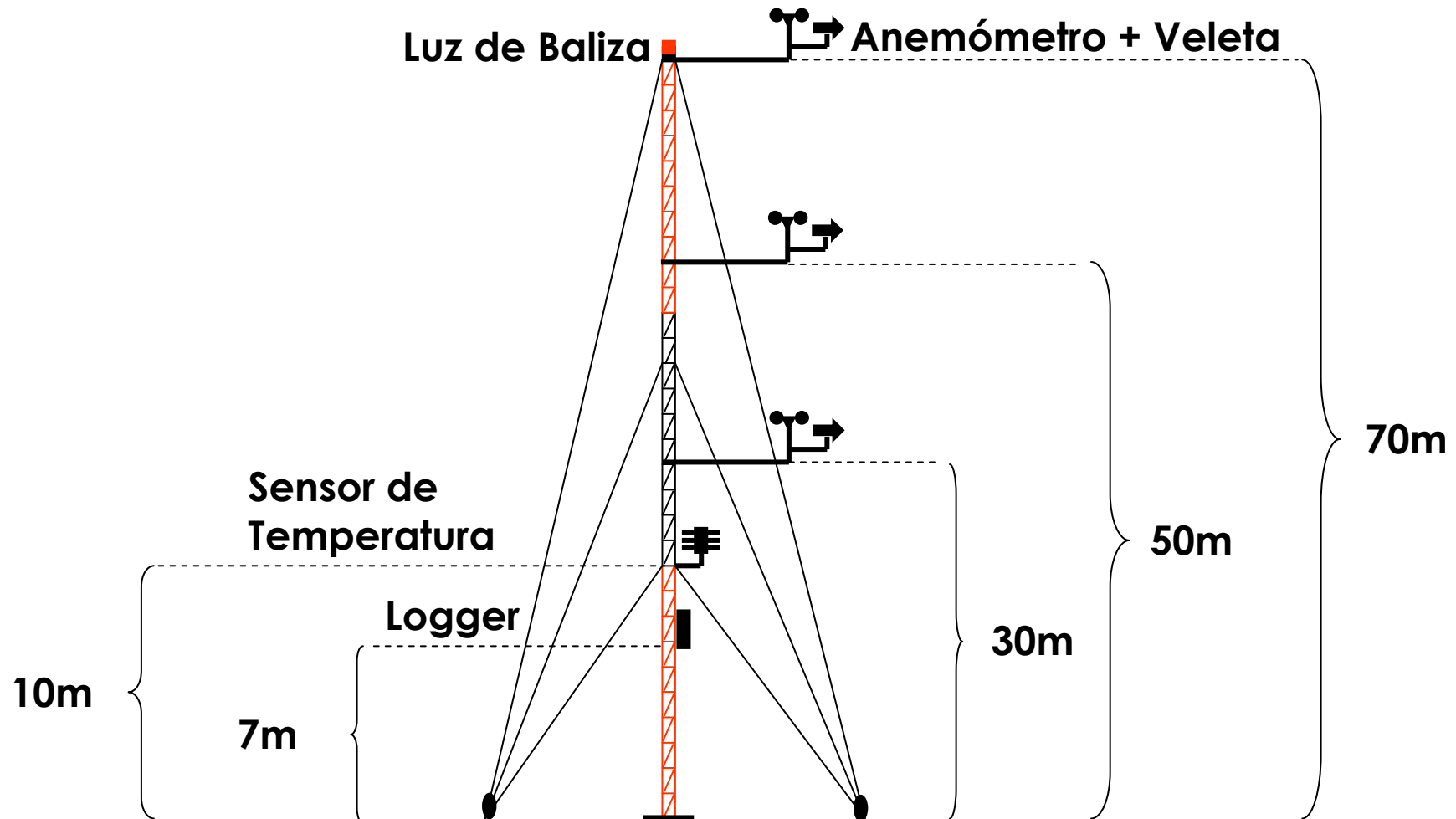


Data Logger



Luz de Baliza

Proyectos Eólicos: configuración de las torres de medición...



Asuntos Pendientes

Asuntos Pendientes:

- **D.L. N° 1002:**

- **Reglamento:** Tratándose de una tecnología nueva en el Perú, el reglamento debería recoger la opinión técnica de los agentes involucrados: Ministerio, OSINERGMIN, COES, Generadores, Transmisores y Distribuidores, buscando que su aplicabilidad sea la mas eficiente y adecuada al mercado peruano.
- **Porcentaje Objetivo 5%:** El porcentaje objetivo de las energías renovables no convencionales se constituye mas bien como un límite y debería extenderse basado en un análisis técnico.

Asuntos Pendientes:

- **Cálculo del Índice de Penetración Eólica:**

Debe elaborarse un estudio que determine el volumen máximo de electricidad generada a partir de energía eólica que podrá inyectarse al sistema eléctrico peruano sin que se genere un efecto desestabilizador.

- **Expansión de la Red de Transmisión Eléctrica:**

Para que los Proyectos Eólicos sean viables económica y técnicamente debe considerarse para la repotenciación y construcción de nuevas líneas de transmisión que permitan despachar la energía producida.



¡muchas gracias!

Carlos E. Foley
Gerente de Proyectos

PETROLERA MONTERRICO S.A.
Calle Aricota 106, piso 9
Surco, Lima 33 – Perú
T > (511) 512-0600
F > (511) 512-0610