

Caracterización estadística de Recurso Eólico Con fines energéticos

Ing. BONOLI ESCOBAR, MARIANO; UTN FRH ; mbonoli@fi.uba.ar

Lic. GOGNI, VALERIA; UTN FRH; Valeria.gogni@gmail.com

Ing. EDWARDS, DIEGO; UTN FRH ; Edwards_diego@yahoo.com.ar

Ing. BUFANIO, RUBEN; UTN FRN / FRH ; ruben.bufanio@speedy.com.ar



Universidad Tecnológica Nacional



Energía Eólica en Argentina

- ❑ Actualmente Argentina cuenta aproximadamente con 134 MW de potencia instalada, lo que representa alrededor del 0,4% de la capacidad total.
- ❑ En 2010 se adjudicaron a través del GENREN 1 y 2, 754 MW en instalaciones de energía eólica.
- ❑ Finalizado el programa GENREN 1 y 2, se logrará:
 - Evitar más de 1.500MM U\$S en combustibles fósiles importados
 - Abastecer de energía a más de 1.500.000 personas
 - Más de 6000 empleos directos
 - Evitar la emisión anual de 2.400.000 T de CO2
- ❑ La ley 26.190 establece que para el 2016 el 8% del consumo de energía eléctrica tendrá que ser abastecido con energía proveniente de recursos renovables.

Por qué caracterizar el recurso eólico

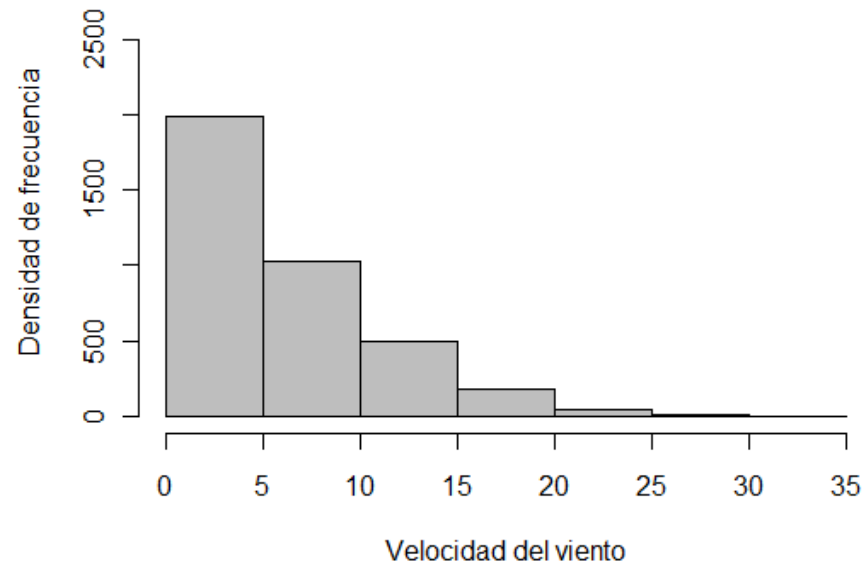
- La rentabilidad de un parque eólico esta estrechamente relacionada con su capacidad de producción, íntimamente ligada al recurso viento.
- Aspectos relacionados a su financiación/créditos, tienen como factor decisivo la certidumbre de la caracterización del recurso del sitio.

Definiciones Previas



Velocidad del viento

- La velocidad del viento es por naturaleza un proceso estocástico
- Por lo tanto a la hora de estimar la producción anual de energía es útil su distribución de probabilidad de ocurrencia.



Potencia contenida en el viento

- Las masas de aire en movimiento “viento” poseen energía que puede ser expresado en términos de su potencia como:

$$P' = P_{\text{Viento}} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$[P] = \text{Watts}$$

$$[A] = m^2; [v] = \text{metros} / \text{segundo}; [\rho] = \text{Kg} / m^3$$

Potencia aprovechable del viento

- De acuerdo con principios de la conservación de la energía (Teoría del disco actuador de Bernoulli) , solo es posible extraer una parte de la energía contenida en el viento. Denominada dicha proporción límite de Betz, su valor es de 0,59.

$$P'' = P_{Aprovechable} = C_{Pmax} P_{Viento} = C_{Pmax} \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$0 \leq C_p \leq 0,59$$

Energía obtenida

- ❑ Existe una velocidad mínima por debajo de la cual el aerogenerador no genera energía.
- ❑ Si la potencia contenida en el viento supera a la potencia nominal del aerogenerador, el mismo entregará solo la potencia nominal
- ❑ Por encima de una velocidad de viento máxima, el aerogenerador se detiene evitando su deterioro

Etapas en el estudio



Etapas en el estudio

- I: Determinar la distribución de probabilidad de la velocidad del viento
- II: A partir de la distribución de probabilidad seleccionada, estimar la energía a generar en un determinado sitio

Etapa I

- Determinar la función de probabilidad para la velocidad del viento
- Nos interesa conocer
 - Distribución
 - Parámetros
- Distribuciones frecuentes
 - Weibull
 - Lognormal
 - Gamma
 - Algunos autores proponen además
 - Gumbel del máximo
 - Frèchet

Etapa II

- Determinar características de las distintas potencias:
 - Contenida en el viento
 - Extraíble del viento
 - Extraída por un determinado aerogenerador
- Interesa conocer
 - Distribución de probabilidad de cada una de ellas
 - Parámetros
 - Media y desviación estándar de las distribuciones

APLICACIÓN

Caracterización Eólica

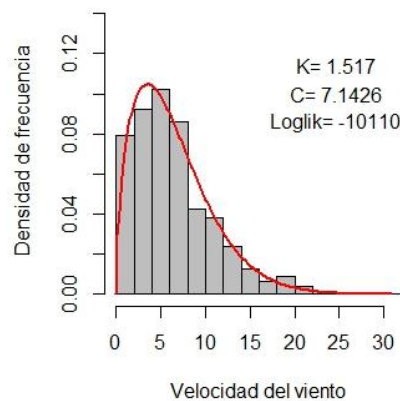


Localidad de Cutral-Có

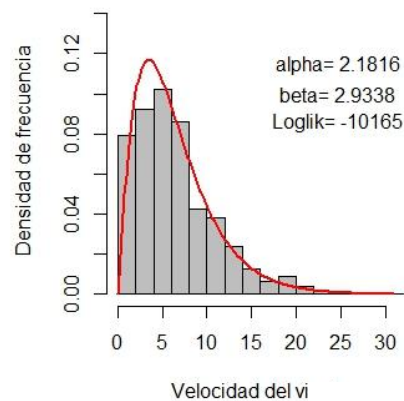
Se agradece a la Universidad Tecnológica Nacional FRN, al señor decano Ing. Pablo Livskovsky, a la secretaria académica Patricia González, al municipio y al personal del aeropuerto de Cutral-Có en facilitar los datos de velocidad del viento y sus características para realizar el presente trabajo.

Distribución de la velocidad del viento

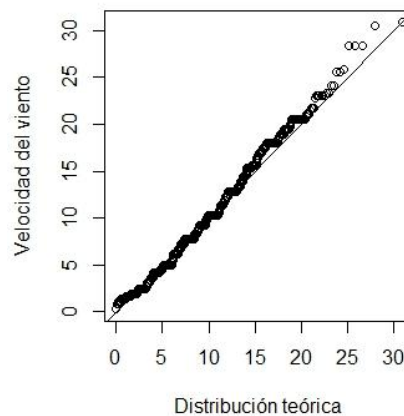
Distribución Weibull



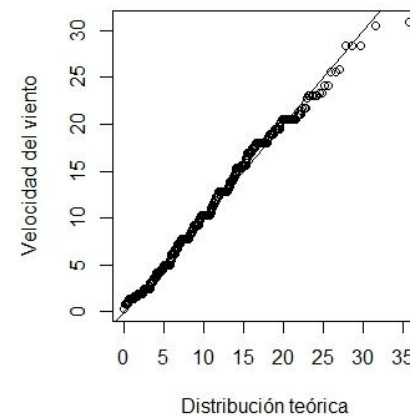
Distribución Gamma



QQ-plot Dist. Weibull

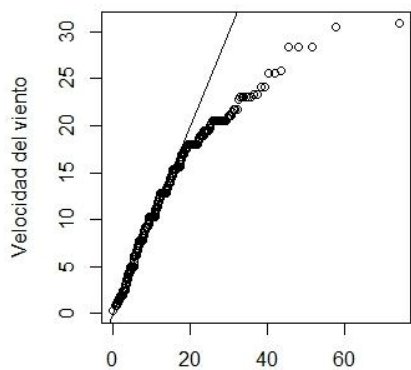


QQ-plot Dist. Gamma



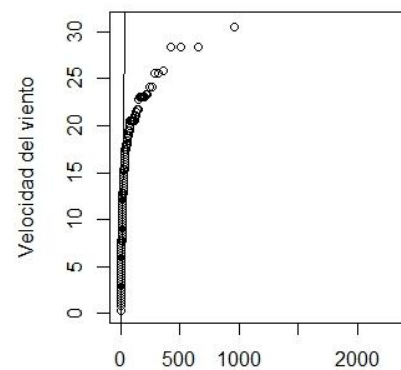
Distribución de la velocidad del viento

QQ-plot Dist. Lognorm



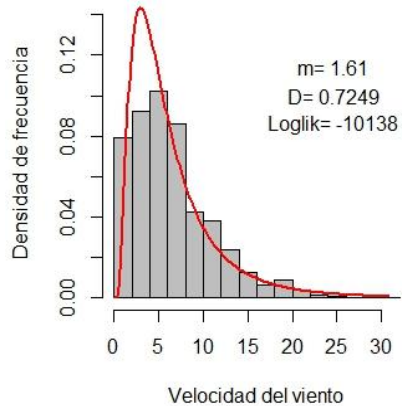
Distribución teórica

QQ-plot Dist. Frèchet

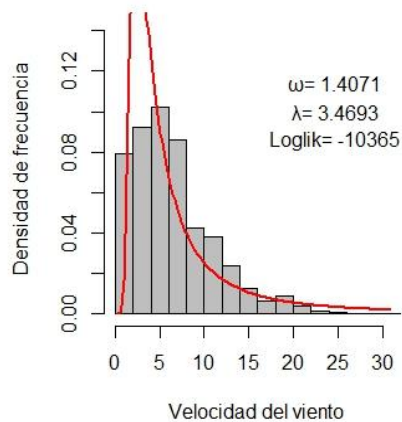


Distribución teórica

Distribución Lognormal



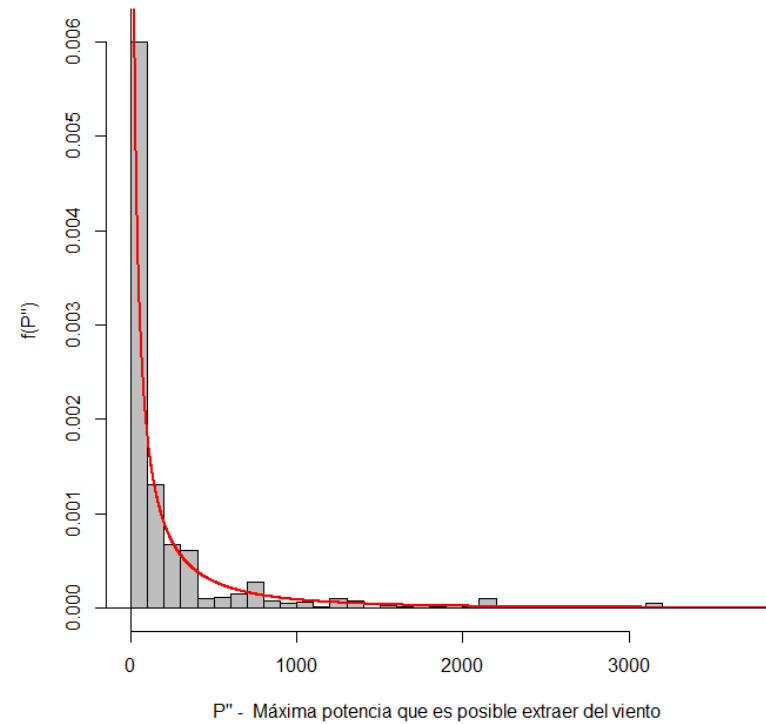
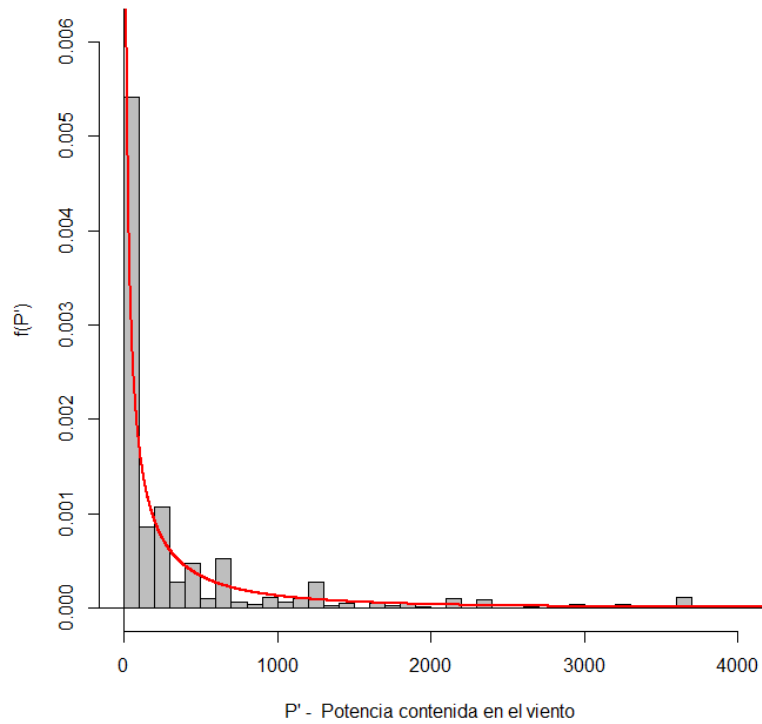
Distribución Frèchet



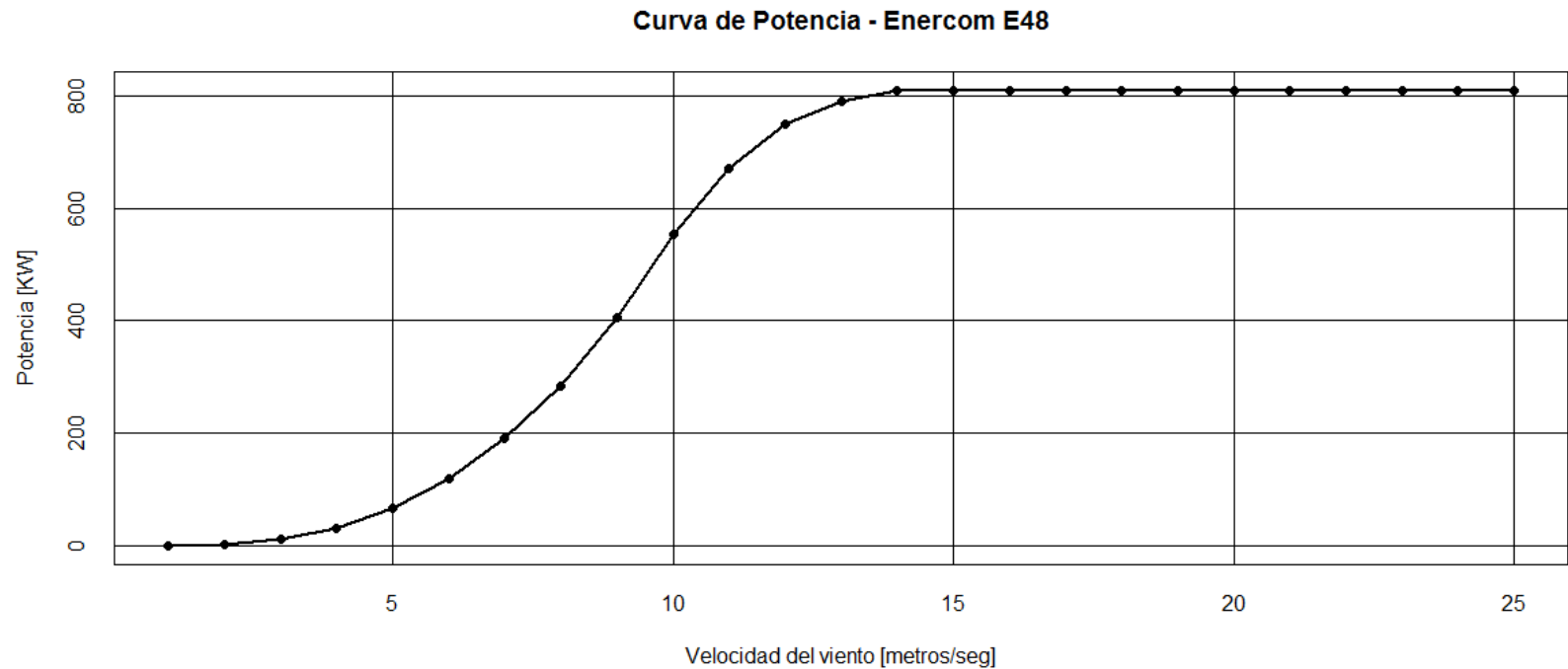
PASO 2

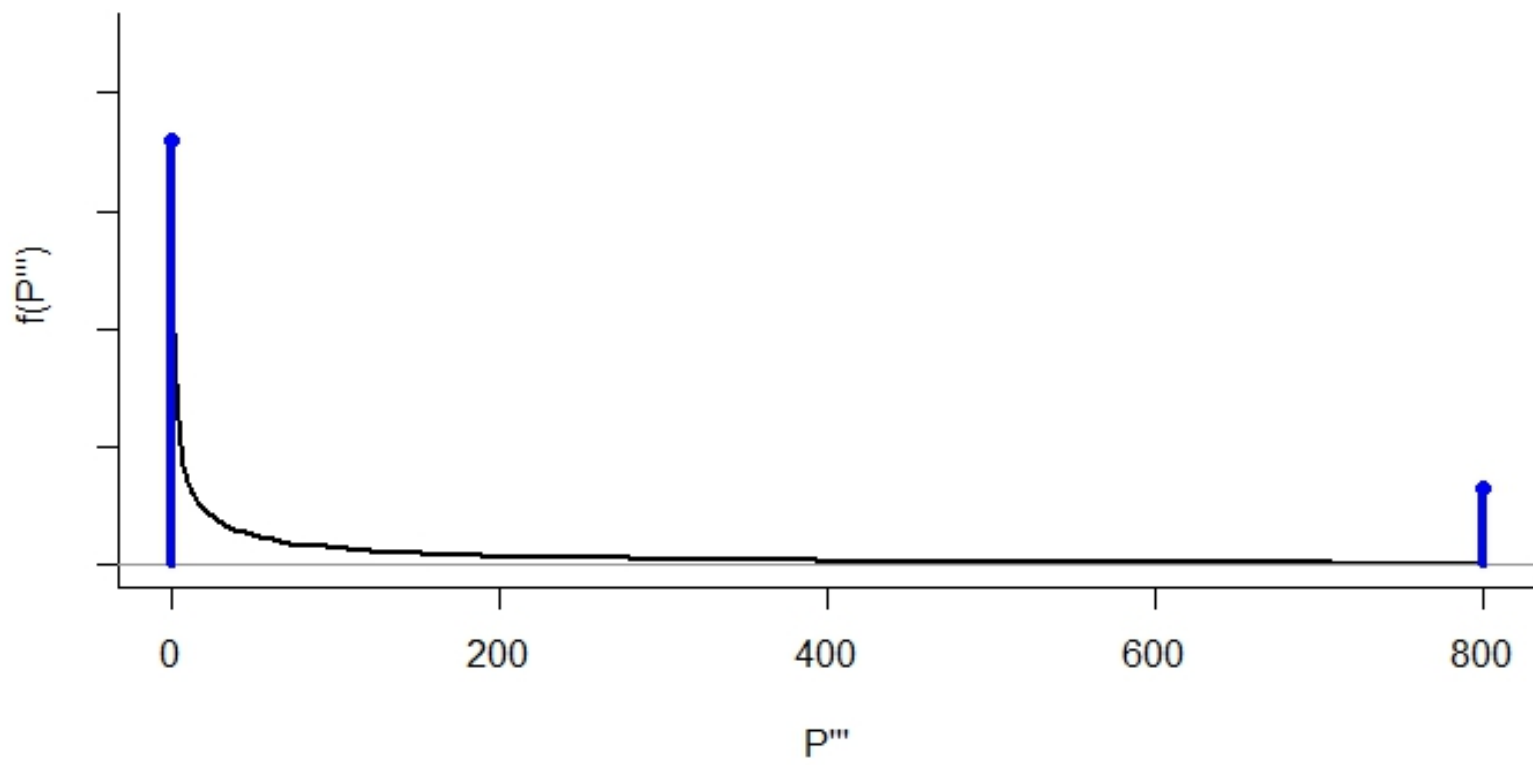


Distribuciones de P' y P''



Función de densidad P''





$$E = t \times \int_{\text{velocidad Cut-in}}^{\text{velocidad Cut-out}} P(v) f(v) dv$$

Resolviendo para este caso la integral
, obtenemos una energía promedio 2.204 MWh.

Conclusiones Principales

Cutral-Có

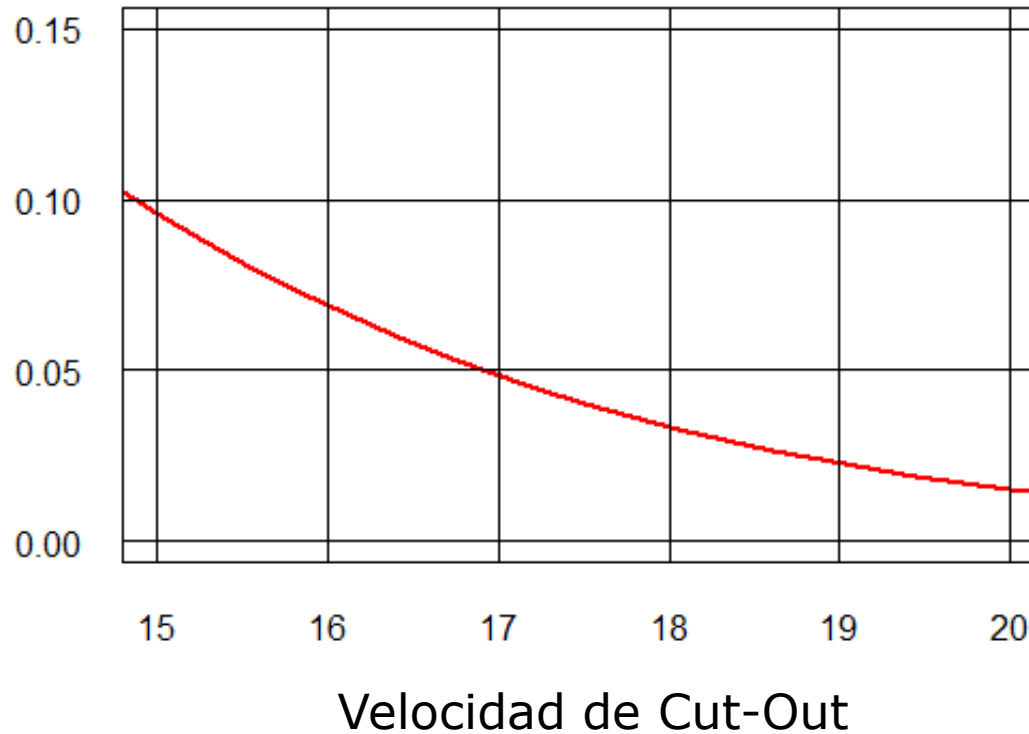
Suponiendo:

- ❖ Aerogenerador ENERCON E48 (800KW)
- ❖ Inversión: 1800 U\$S/KW Instalado
- ❖ O&M= 2% Inversión/Año
- ❖ Tasa Descuento= 10%
- ❖ Vida útil de 20 años

Velocidad Viento media	6,5 m/s (23 Km/h) a 10m
Densidad de potencia	435 W/m²
Energía Inyectada	2100 MWh/año
Factor Capacidad "FC"	0.296
Costo Estimado Energía	94U\$S/MWh

Desaprovechamiento energético por Cut-Out

Energía
desaprovechada

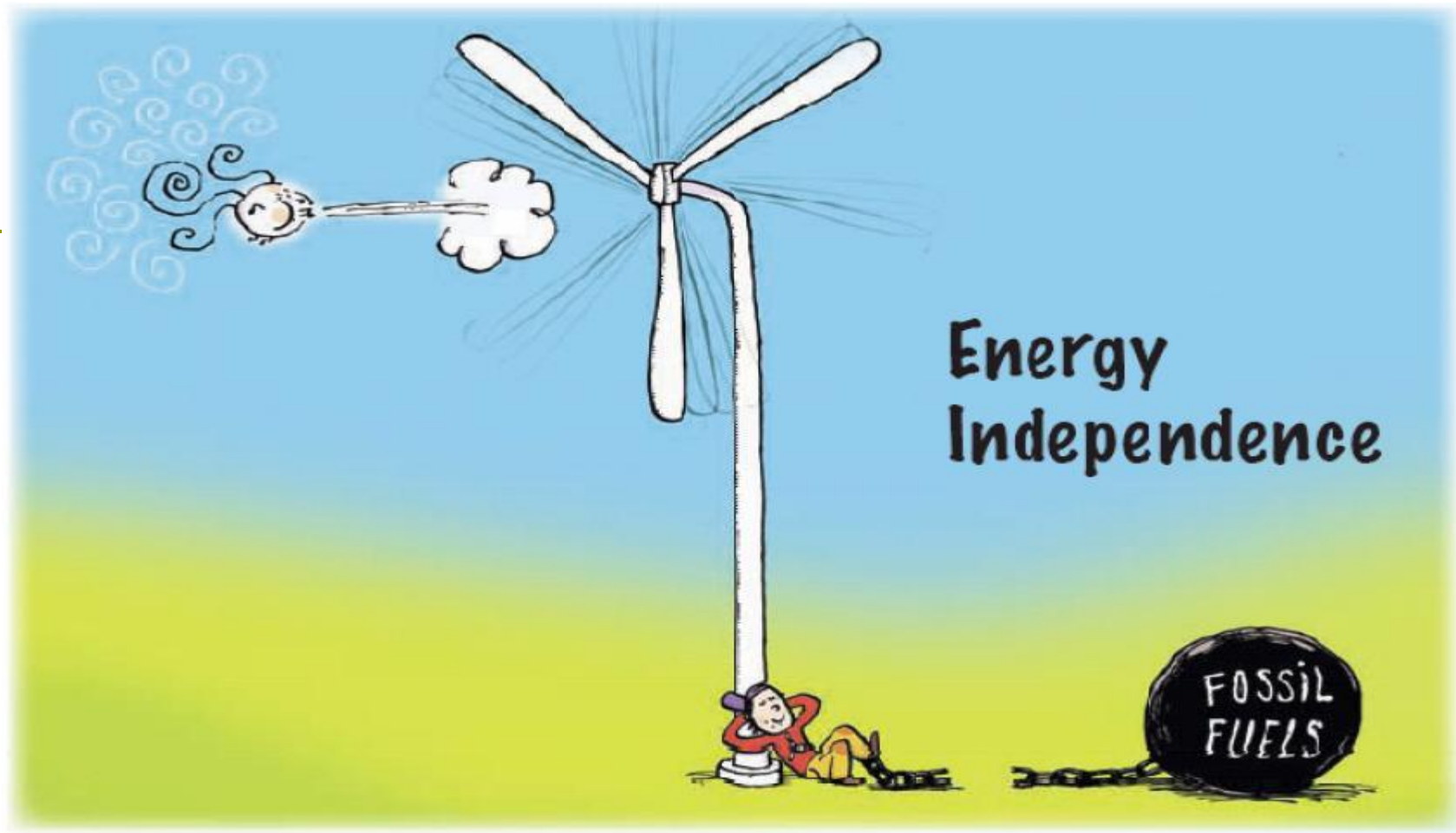


Proyectos en Generación Eólica de Baja Potencia

- ❖ *Se propone la valoración de las siguientes tecnologías en potencia nominal por debajo de los 3Kw:*
- ❖ *Stall, sin paso de pala y sin lazo electrónico de control de velocidad (en construcción)*
- ❖ *Paso de pala centrífugo, sin lazo electrónico de control de velocidad*
- ❖ *Paso de pala electromecánico, sin lazo electrónico de control de velocidad*
- ❖ *Sistema con velocidad controlada "variable" (MPPT, con Boost Step-up), sin paso de pala (control de potencia aerodinámico), con posibilidades de conexión a la red.*

Educación

Muchos de los mayores obstáculos que nosotros afrontaremos en los próximos 50 años será resultado directo de cómo actualmente decidamos obtener la energía necesaria para sostener nuestras vidas



MUCHAS GRACIAS