

PARQUE EOLICO PARA LA PROVINCIA DE SAN LUIS

J. Follari, A. D. Perelló y L. A. Odicino

Universidad Nacional de San Luis - Laboratorio de Energía Solar
Chacabuco y Pedernera 5700 San Luis
Tel. y Fax (02652) 425109 E-mail solar@unsl.edu.ar

RESUMEN

En trabajos anteriores (Odicino et al) (Solares et al) (Mattió et al), evaluamos el recurso eólico para la ciudad y la provincia de San Luis y se realizó un estudio comparativo para la región centro-oeste del país. De este se pudo concluir que la ciudad de San Luis y la de Río IV cuentan con el mayor recurso eólico con 5,75 m/s y 4,5 m/s de velocidad media anual según datos del Servicio meteorológico nacional (SMN). Debido a la cercanía de las sierras de San Luis y al hecho de contar con una línea de 132 KVA que bordea estas es que aparece como más favorable la región de San Luis para instalar aerogeneradores. Se han realizado correcciones de los valores aportados por el SMN por obstáculos existentes en el lugar de medición. Realizamos un estudio con la distribución de Weibull del recurso para la década 80/90, hacemos una estimación del recurso eólico con la altura y proponemos una potencia media de generación con ejemplos de aerogeneradores comerciales.-

INTRODUCCION

Un análisis de los valores de la velocidad media de vientos, en la década 81-90 suministrados por el SMN muestra que las velocidades registradas en la ciudad de San Luis, está entre las dos mayores de la región centro oeste del país. Por otro lado, esta se encuentra al pie de las sierras de San Luis, lo que permite suponer que en ellas podemos encontrar zonas, de velocidad media hasta el doble de la registrada en el aeropuerto local por el SMN. Esta situación no se presenta en Río IV, que es la otra ciudad con velocidades medias similares. Todo esto nos indujo a realizar un estudio de factibilidad, para la instalación de parques eólicos, que puedan ser conectados a la red de distribución existente.

| Villa Mercedes | Río IV | San Juan | Mendoza | San Rafael | Córdoba | Santa Rosa | San Luis |
|----------------|----------|----------|----------|------------|----------|------------|----------|
| 2,93 m/s | 4,62 m/s | 3,2 m/s | 2,62 m/s | 1,41 m/s | 3,16 m/s | 3,43 m/s | 4,5 m/s |

Tabla 1

Velocidades medias de viento, para ciudades C-O, periodo 81 - 90, según datos del SMN.

LA DISTRIBUCION DE WEIBULL

De las funciones de distribuciones existentes, la que más se adapta para describir los eventos que representan la existencia de vientos es la de Weibull. Esta tiene como distintivo fundamental el contar con dos parámetros de ajuste, uno llamado de escala y otro llamado de forma.

La expresión matemática de esta distribución es:

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

Donde K es el parámetro de forma, sin dimensiones y C es el parámetro de escala cuyas dimensiones son m/s. La función acumulativa es

$$A(v) = 1 - e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

Se cumple además que

$$\bar{v} = \int v f(v) dv$$

Se puede demostrar que

$$\bar{v} = C\Gamma\left(1 + \frac{1}{K}\right)$$

Con $\Gamma(x)$ la función gamma.

Para conocer K y C, hacemos:

$$\ln(-\ln(1-A(v))) = K \ln v - K \ln C$$

Se calcula A(v) y se realiza la gráfica de la función indicada, la pendiente y la ordenada al origen determinan los parámetros a conocer (Nfaoui et al)

Al hacer una corrección por altura, usamos la expresión general:

Donde:

$$\frac{V(H)}{V(H_0)} = \left(\frac{H}{H_0}\right)^\alpha$$

H es la altura, H₀ es una altura de referencia, V es la velocidad a la altura H y α es una constante que depende de la rugosidad y tiene en cuenta la forma del perfil de velocidades con la altura y usualmente se toma como valor 1/7 para superficies lisas como por ejemplo pastos bajos.

ANALISIS DE DATOS DE LA ESTACION DEL SMN, AEROPUERTO SAN LUIS

Nuestro laboratorio de Energía Solar y Medio Ambiente de la UNSL posee datos de viento del SMN de las décadas 71/80 y 81/90, sobre los que hay estadísticas de valores medios anuales y mensuales discriminados por dirección.

Los datos son tomados del anemómetro ubicado en una torre de 10 mts. de altura como se muestra en la figura 1. Los arboles son en su mayoría pinos y algunos olmos, a distancias de treinta y cinco metros y mayores, ubicados en hileras, algunos bordeando el camino de acceso y diseminados otros. Esto conforma una cortina para los vientos provenientes del Este y Sureste de altura comprendida entre los 8 a 12 mts, ancho aproximado de 50 a 60 mts. y porosidad estimada en el 40%, que apantalla los vientos de mayor frecuencia y mayor velocidad media provenientes de direcciones 9 a 14 de la rosa de los vientos que llega a 36. Estimamos entonces una pérdida de velocidad del 37,5% en la dirección 9 y 11 y de 28,5% en la dirección 14.

El edificio del aeropuerto, esta ubicado hacia el Sur del anemómetro y con un ancho aproximado a 20 mts. y a 50 mts. de distancia del anemómetro con una altura aproximada de 8 mts. en general y 12 mts en la torre de control de vuelo. Esto produce una pérdida de velocidad en el viento Sur estimada en 17%.

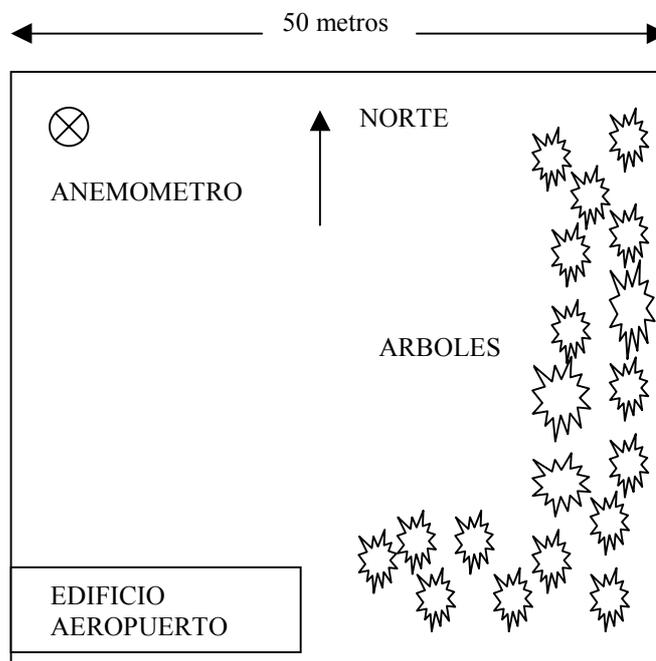


Fig.1
Esquema de los obstáculos y de la ubicación relativa del anemómetro en el aeropuerto local

Tomamos como referencia los datos de la década 81/90. Calculamos la velocidad media corregida en las direcciones 9 y 11 y además corregimos la 14 y 18, en función de las respectivas frecuencias medias y con los porcentajes antedichos, resultando una velocidad media, incluyendo las calmas de 5,75 m/s. Estos resultados se resumen en la tabla 2.

| DIRECCION | FRECUENCIA (%) | VELOCIDAD SIN CORREGIR (M/S) | FACTOR DE CORRECCION | VELOCIDAD CORREGIDA (M/S) |
|-------------------|----------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|
| 5 | 4,9 | 3,16 | --- | 3,16 |
| 9 y 11 | 26,5 | 6,27 | 37(%) (x 1,6) | 10,04 |
| 14 | 10,1 | 5,22 | 28,5 (%) (x 1,4) | 7,31 |
| 18 | 4,8 | 4,05 | 17(%) (x 1,2) | 4,86 |
| 36 | 29,8 | 4,98 | ---- | 4,98 |
| Otras Direcciones | 12,8 | 3,77 | ---- | 3,77 |
| calmas | 11,1 | 0 | ---- | 0 |
| | 100 | 4,5 | | 5,75 |

Tabla 2
Correcciones de velocidades medias por apantallamiento según direcciones

En la década 71/80 la velocidad media sin corregir resulta de 5,15 m/s. Si analizamos la participación del cuadrante Sur-este (direcciones 8 a 18) sobre el total nos da el 60% en la década 71/80 disminuyendo al 53% en la década 81/90. En ambos casos el edificio estaba presente. Se aprecia que el crecimiento de los árboles aumento el apantallamiento del anemómetro y confirma la corrección realizada.

Calculando la velocidad, $v(50m)$ se obtiene 7,47 m/s en aeropuerto.

De esta manera es que asumimos que podemos encontrar, en las serranías locales, velocidades de 12, 44 m/seg, esto es, 66% mayor que en el aeropuerto local y a 50 m de altura.

ESTUDIO ECONOMICO

Se han realizado los estudios económicos de factibilidad del parque eólico de la provincia, usando dos métodos de análisis, el método desarrollado por el Dr. Bastianón y el método desarrollado por el CREE.

Método Bastianón:

$$CE = \frac{C}{E} \left[\frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}} \right] + OM$$

Método desarrollado por el CREE

$$CE = \frac{C}{E} \left(\frac{(1+i)^n i}{(1+i)^n - 1} + OM \right)$$

Donde:

CE = Costo de producción en US\$ / KWh

C = Costo de costo de inversión en US\$

E = Energía media generada por año en KWh.

i = Interés anual sobre el capital

OM = Costo de operación y mantenimiento

n = número de años de vida útil de la instalación

Para el análisis económico se propone el uso de un generador de 600 KW de potencia nominal por considerar que esta es una potencia adecuada y los generadores comerciales existentes son de uso difundido y confiable. No se descarta el posible análisis e instalación de otras potencias.

El costo de instalación (C) de un generador de este tipo (por ejemplo: MICON 1500) instalado es del orden de US\$ 660.000. Como interés anual (i) se ha tomado como razonable, para los valores de instalación de un parque eólico, un valor del 7% anual. Pero además se presenta un estudio de sensibilidad con interés entre el 6 y 10 % anual.

El costo de operación y mantenimiento (OM), se tomó como dato lo suministrado para los parques eólicos que están en funcionamiento en el país y que están siendo monitoreados por el CREE. El valor estimado es de 0,005 US\$ / KWh.

El número de años de vida útil del parque se estima en 20 años.

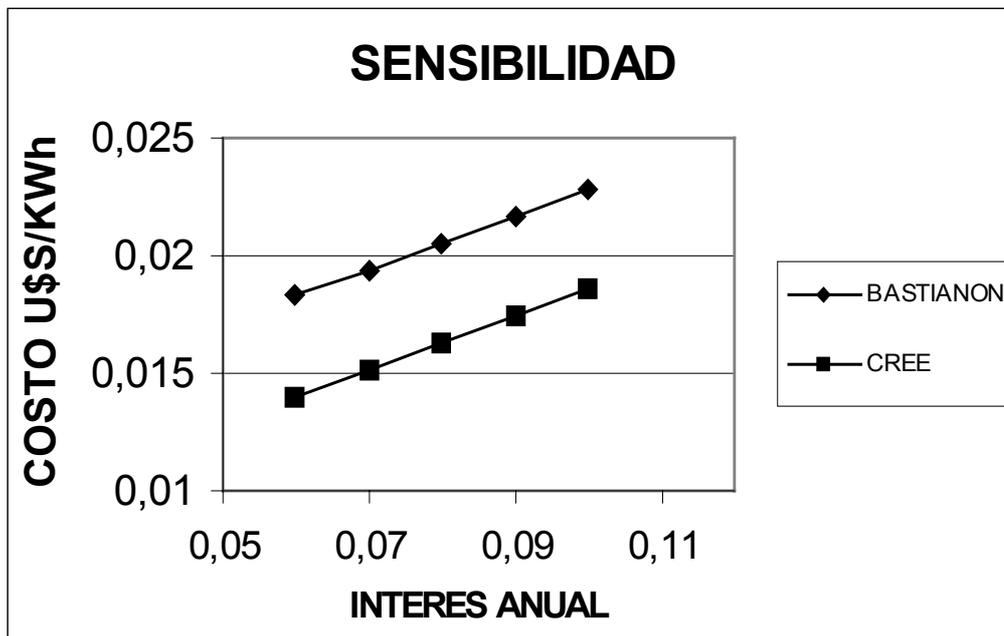
Con una velocidad media a 50 m de altura en las sierras, de 12, 4 m/seg, tenemos una potencia media de 550 KW (para la MICON 1500).

Tomando un factor de seguridad de un 10 % (por interferencia entre generadores, mantenimiento, etc.), nos queda una potencia efectiva media de 495 KW (esta potencia es del 78% de la máxima disponible).

La energía generada en 24 hs. es de 11880 KWh. En 20 años genera $86,724 \times 10^6$ KWh.

Según el método desarrollado por el Dr. Bastianón : el valor de CE = 0,019 U\$\$/KWh
Según el método desarrollado por el CREE: el valor de CE = 0,015 U\$\$/KWh

CURVA DE SENSIBILIDAD



CONCLUSIONES

Se aprecia que el costo de la energía está entre 1.5 y 2 centavos el KWh. Si a esto agregamos impuestos y ganancias, el precio de venta oscilaría en los 3 centavos el KWh. Como la ley otorga un beneficio de 1 centavo por KWh eólico producido, el precio oscilaría en los 2 centavos el KWh, lo cual lo hace competitivo con los precios existentes en la red de interconexión. La distancia a la línea de 132 KV capaz de transportar más de 120 MW, es generalmente menor a los 10 Km, lo que hace factible la energía generada eólicamente a la red dentro de valores de rentabilidad y potencias muy interesantes.

BIBLIOGRAFIA

- Odicino L. A., Fasulo A., Barbenza G. y Torres. M.
La energía eólica en la Pcia. de San Luis
Actas de la 16 reunión ASADES. La Plata 1993
- Odicino L. A., Fasulo A., Perelló D., Torres M. y Barbenza G.
El recurso eólico en la ciudad de San Luis
Asociación Física Argentina.- Reunión Anual 1993
- Solares R. D., Fasulo A.
Evaluación de variables de medio ambiente para el uso de la energía solar en la Pcia. de San Luis.
Tesis de Licenciatura. U.N.S.L 1996
- Nfaoui N., Bahraui J., Darwish A.S. and Sayigh A.A.M.
Wind Energy Potential in Morocco
Renewable Energy, Vol 1, Num. 1 (1991).
- Mattio, H.F., Ponce, G.A.
Nociones Generales de Energía Eólica
Módulo de Energía Eólica - Maestría en Energías Renovables (Salta - Argentina)