

MÉTODO SIMPLIFICADO PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS EÓLICOS DE BAJA POTENCIA

F. Garreta¹, C Navntoft¹, J. Marusic¹

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires
Grupo de Estudios sobre Energía – Departamento de Ingeniería Civil (UTN-FRBA-GESE-Dpto. Civil)
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Mozart 2300,
(1407) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina
Tel.: (+5411) 4601-8112 (int. 7139) Fax: (+5411) 4638-8115 e-mail: utnsolar@gmail.com

RESUMEN

Comunmente, los métodos tradicionales de dimensionamiento han sido desarrollados para estimar la producción energética de máquinas eólicas de alta potencia o para ser utilizados por personas con conocimiento en estudios de factibilidad técnico-económica. El trabajo propone una metodología de cálculo simple que basada en la demanda energética diaria permite determinar en forma aproximada la potencia nominal de un aerogenerador y su costo para cualquier parte del país. La investigación realizada sobre el tema se ha sintetizado y plasmado en formato formulario de llenado manual, donde gradualmente se van incorporando y articulando datos y resultados parciales. Los resultados obtenidos a través de ejercicios realizados con alumnos universitarios, han sido satisfactorios.

Palabras clave: Energía eólica, aerogeneradores, cálculo, predimensionado.

INTRODUCCIÓN

Para el dictado de la materia electiva Energías Alternativas de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Flores, se trabajó en el desarrollo de un método simplificado de predimensionado eólico. La bibliografía consultada en la búsqueda de una metodología de cálculo de potencia necesaria de aerogenerador se limitaba a máquinas de alta potencia, o profundizaba en conceptos algo complejos, que demandarían más tiempo que el que se le destinaría al tema en el curso. Resultó dificultoso encontrar métodos para cálculo de instalaciones rurales autónomas de pequeña escala, menores a 5Kw, o cálculos aplicables a educación de nivel técnico y grado, donde es importante complementar la teoría con cálculos simples que proporcionen valores de potencia de máquinas y costos a partir de datos de diseño, como demanda de energía, rugosidad de suelo, altura de la torre y velocidad de viento. Recopilando información teórica de especialistas, fabricantes y vendedores de máquinas eólicas de muy baja potencia, se pudo obtener un método de cálculo sencillo, apto para determinar las posibilidades en la utilización del viento para la producción de electricidad en régimen aislado. El punto crítico que conformaba la comparación de las distintas máquinas que ofrece el mercado, fue resuelto a través de la conformación de una única curva de potencia promedio.

METODOLOGÍA DE CÁLCULO

PUNTO A: Cálculo de la demanda energética (D; Kwh): La declaración conciente de consumos eléctricos es un factor de importancia cuando se trabaja con energías alternativas, sensibles variaciones en la demanda diaria de energía redundan en diferencias significativas en costos de equipo e instalación. Para la determinación de estos valores, se propone un modelo tradicional, con amplia difusión en energía fotovoltaica. Se detallan los artefactos que se utilizan diariamente, el consumo de los mismos, cantidad y horas estimadas de uso. Para comparaciones rápidas, se puede omitir este paso determinando un valor, por ejemplo 10 Kwh. El consumo de cada artefacto se calcula de la siguiente forma:

$$E = a \cdot b \cdot c \quad (1)$$

La demanda diaria (D_0 ; wh) es:

$$D_0 = \sum E \quad (2)$$

Por razones prácticas, se divide el resultado por 1000 para pasarlo a kilowatios hora:

$$D = \frac{D_0}{1000} \quad (3)$$

¹ Investigadores UTN-FRBA-GESE-Dpto. CIVIL

PUNTO B: Búsqueda de datos aproximados de velocidad media anual de viento (V_0 ; m/s), normalmente medidos a una altura de 10 metros (H_0 ; m) y determinación de la rugosidad del suelo (coeficiente n) de la zona en que se desea instalar el aerogenerador. Los datos de velocidad de viento, comunmente están registrados en zonas descampadas y pueden obtenerse de distintas fuentes (figura 1). Otra información importante en este punto es la rugosidad del suelo (coeficiente adimensional n), que se determina tomando como referencia los datos de la cuadro 1.

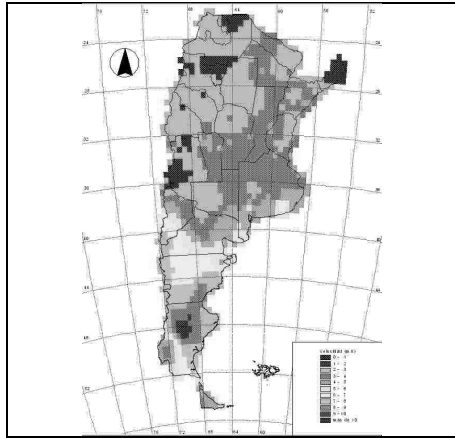


Figura 1: Velocidad media anual de viento

Lugar de emplazamiento del aerogenerador	Coefficiente rugosidad (n)
Rural 1: Superficie de agua; terreno completamente abierto y liso, de vegetación muy baja, tipo césped	0,12
Rural 2: Área agrícola abierta sin cercos, con edificios dispersos y muy bajos; zona de colinas bajas y redondeadas	0,14
Suburbano: Terreno agrícola con construcciones de baja altura, arbustos y plantas	0,19
Urbano: Pueblos o ciudades pequeñas, sin edificios de gran altura.	0,26

Cuadro 1: Coeficientes de rugosidad (n)

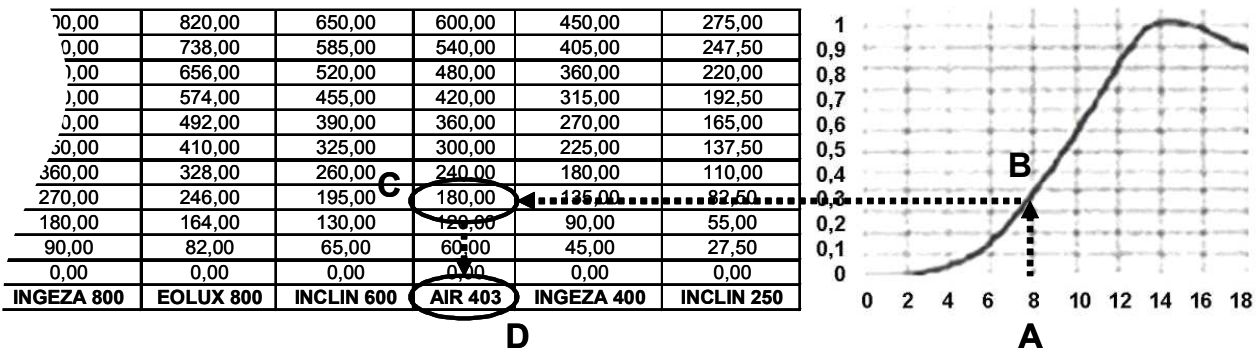
PUNTO C: Cálculo de la velocidad media de viento en el eje del rotor (V ; m/s) y de la potencia media requerida (P_m ; Kw): Conociendo la velocidad de viento a 10m de altura (H_0 ; m) y la rugosidad del suelo (n), podemos determinar la velocidad (V ; m/s) a la altura de la torre (H ; m), altura de diseño, donde colocaremos la máquina eólica, con la siguiente fórmula:

$$V_H = V_0 \cdot \left(\frac{H}{H_0} \right)^n \quad (4)$$

La potencia media requerida (P_m ; Kw) nos permite estimar qué flujo eléctrico nos debe proveer el sistema eólico a lo largo de un día para cubrir la demanda diaria de energía (D). Como factor de seguridad y para permitir una rápida reposición de la energía consumida del banco de baterías, consideramos un factor de seguridad del 20%.

$$P_M = \left(\frac{D}{24} \right) \cdot 1.2 \quad (5)$$

PUNTO D: Elección de máquina eólica, potencia a velocidad V (P_v ; Kw) y Potencia nominal (P_N ; Kw): Obtenida la velocidad de viento a eje del rotor (V ; m/s) y la potencia media requerida (P_m ; Kw), se puede acceder a la curva de potencia promedio (gráfico 1) y extraer los datos necesarios para la elección de la máquina, su potencia nominal (P_N ; Kw) y factor de capacidad (FC). Se ingresa al gráfico con la velocidad de viento a la altura del eje del rotor (V ; m/s)(A) y se corta la curva de potencia promedio (B). Desde ese punto se despaiza hacia la izquierda en busca del eje de las ordenadas, donde se encuentra el factor de carga (FC; %), valor que indica la productividad que tendrá la máquina en porcentaje con respecto a su potencia nominal (P_N ; Kw), potencia del aerogenerador normalmente alcanzada a una velocidad de viento entre 12,5 y 14 metros por segundo.



El factor de carga o de capacidad también es el cociente entre la potencia que alcanza la máquina elegida a la velocidad de diseño y su potencia nominal en porcentaje. Los valores recomendados se encontrarían entre el 20 y el 70%.

$$F_C = 100 \cdot \left(\frac{P_V}{P_N} \right) \quad (6)$$

PUNTO E: Cálculo de la capacidad de banco de acumuladores (B; Ah) e inversor de corriente (I; Kw): En el caso de la potencia del inversor de corriente (I; Kw), podemos calcularlo utilizando un porcentaje de la potencia simultánea de todos los artefactos declarados, recomendamos un 80%. Seleccionada la máquina eólica a utilizar, el dimensionamiento de la capacidad de las baterías (B) que proveerán de energía en momentos con falta de generación se propone de la siguiente manera:

$$B = \frac{(D \cdot A_I)}{(T \cdot N_D)} \quad (7)$$

A_I = días de autonomía de la instalación (se recomienda 3 o 4).

T = Tensión nominal del tipo de baterías a utilizar (12V)

N_D = Nivel de descarga de la batería (se recomienda 0.3 para baterías comunes y 0,5 para estacionarias o aplicaciones con energía renovable)

$$I = D \cdot 0.80 \quad (8)$$

D = Demanda diaria de energía

PUNTO F: Determinación del costo aproximado de la máquina eólica (cm; U\$S) y costo total del sistema instalado (C; U\$S): Si bien existen diversos parámetros que inciden en el costo de las máquinas, a los fines prácticos y orientativos a los que apunta el presente trabajo, resulta conveniente utilizar valores indicativos medios de mercado (c; U\$S/Kw)(Cuadro 2). Cabe mencionar que este paso del predimensionado se recomienda ser modificado anualmente.

	PN <=1Kw	PN <=3Kw	PN <=5Kw
Valor indicativo (c; U\$S/Kw)	1200	800	650

Cuadro 2: Valores indicativos según potencia nominal (PN) de la máquina elegida

El costo aproximado del aerogenerador (Cm; U\$S) elegida es:

$$C_M = P_N \cdot C \quad (9)$$

PN = Potencia nominal del aerogenerador elegido

C = Valor indicativo según potencia nominal (Cuadro 3)

Para el cálculo del costo del banco de baterías, se optó por un costo promedio de 0,8 dólares por amper hora de acumulación; en el caso del inversor de corriente con un valor de 700 dólares el kilovatio de potencia; y para el precio de la torre se promediaron distintas tecnologías en 70 dólares por metro de altura (H). En el caso del montaje se decidió considerar un porcentaje del 25% del total de los elementos por mano de obra y otros gastos menores, sin incluir fletes ni traslados, que en algunos casos suelen tener sobrecostos elevados. Considerando los distintos valores estimados, el costo total del sistema (C; U\$S) se calcula:

$$C = [C_M + (B \cdot U\$S 0.8) + (I \cdot U\$S 700) + (H \cdot U\$S 70)] \cdot 1.25 \quad (10)$$

Cm = Costo aproximado de la máquina eólica en dólares

B = Capacidad de banco de acumuladores en amperes hora

I = Potencia del inversor de corriente en kilovatios

H = Altura de la torre en metros

CONCLUSIONES

El trazado de la curva de potencia tipo, promedio de las curvas de potencia máquinas existentes en el mercado local, permitió alcanzar la síntesis deseada para la construcción de un proceso de cálculo sencillo. Los resultados obtenidos han sido satisfactorios, logrado acercar información sobre posibilidades de aplicación de tecnología eólica a niveles educativos de grado. El método ha sido ajustado en sucesivas oportunidades para lograr resultados más precisos y simplificar o eliminar algunos puntos inicialmente considerados, pero que no aportaban datos significativos, como la influencia de la distribución de Weibull, que en el cálculo de sistemas autónomos de baja potencia complica el procedimiento sin mayores aportes.

ABSTRACT

Traditionally, dimensioning methods have been developed to estimate the power output of wind turbines of high nominal power or to be used by people that have a certain base knowledge on the subject in order to carry out technical and economical studies. This work proposes a simple dimensioning methodology that allows for determination of the nominal power of the wind turbine needed and it's cost for any location in the country. The research done on the subject has been synthesized in the format of a filling form where the user must gradually add data and partial results to reach the final outcome, i.e, the nominal power of the needed machine. The method has been tested in university courses with satisfactory results.

Keywords: Wind energy, wind turbines, calculus, predimensioning.