

**ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF THE WIND ENERGY IN THE
SORACÁ HILL - TUNJA****EVALUACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO EN EL ALTO DE SORACÁ –TUNJA**

MSc. William F. Álvarez Castañeda*, **MSc (c). Andrea C. Alvarado Fajardo****
Esp. Carlos A. Cardona*

Universidad Santo Tomas, Facultad de Ingeniería Electrónica.

E-mail: {walvarez, ccardona}@ustatunja.edu.co, catalinalvarado@gmail.com

Universidad Libre de Colombia, Facultad de Ingeniería.

E-mail: andrea.alvaradof@unilibrebog.edu.co

Abstract: GIDINT Research Group of the University of Santo Tomas, within the context of the development of the research entitled "Technical-economic study for the implementation of alternative energy systems, solar-wind hybrid on the campus of the University of Santo Tomas in Tunja" conducted a data record in El alto de Soracá for a year to determine the wind potential in this sector of the Tunja city. This work present the analysis of the data.

Keywords: Wind energy, distribution of wind speed, wind potential, wind turbine.

Resumen: El Grupo de Investigación de la Universidad de Santo Tomás GIDINT, en el contexto del desarrollo de la investigación titulada "Estudio técnico-económico para la implementación de sistemas de energía alternativa, híbrido solar-eólico en el campus de la Universidad de Santo Tomás, en Tunja" llevó a cabo un registro de datos en el Alto de Soracá durante un año para determinar el potencial eólico en este sector de la ciudad de Tunja. El presente trabajo muestra el análisis de estos datos.

Palabras clave: Energía eólica, velocidad del viento, potencial eólico, aerogenerador.

1. INTRODUCCIÓN

En el departamento de Boyacá el uso de la energía eólica acompañó el desarrollo de las grandes ciudades siendo parte importante de los avances en la agricultura, pues gracias al uso de los molinos de viento las tareas como la molienda de los granos se realizaban de una manera más fácil y eficiente, los procedimientos complicados como el bombeo de agua desde pozos subterráneos fueron posibles gracias a la energía eólica. Ahora estamos volviendo los ojos al pasado y queremos aprovechar este tipo de energía. Una de las formas como se puede aprovechar esta energía es utilizándola en la generación de energía eléctrica.

El potencial eólico existe en diferentes partes del planeta pero en proporciones distintas dependiendo del lugar en el cual se desea realizar el emplazamiento eólico, de esta manera es importante conocer el potencial eólico de una zona con posible potencial, como puede ser en el alto de Soracá en la ciudad de Tunja en el departamento de Boyacá.

2. METODOLOGÍA

La información utilizada para este trabajo es obtenida mediante una estación meteorológica Davis Vantage Pro 2, instalada en el alto de Soracá de la ciudad de Tunja como se presenta en la fig. 1.



Fig. 1: Ubicación de la estación en el alto de Soracá - Tunja.

2.1 Clasificación de velocidades

Para determinar el potencial eólico, existente en una determinada zona, se deben clasificar las velocidades registradas según la frecuencia con la que ocurrió cada una de ellas, para esta categorización es importante no considerar los registros de los vientos de calma, Tabla 1.

Tabla 1 Clasificación de las velocidades.

CLASIFICACIÓN DE LOS DATOS POR FRECUENCIA.		
Escala (m/s)	Número de Datos	Frecuencia (%)
0,5	536	10,13
1	325	6,14
1,5	337	6,37
2	342	6,77
2,5	358	6,77
3	3391	64,11
TOTAL DATOS	5289	

2.2 Distribución de Weibull

Determinar el potencial eólico, está relacionado con establecer los parámetros de la ecuación de distribución de Weibull, correspondientes al parámetro de y y el parámetro de forma k la ecuación (1) es corresponde a la probabilidad del viento de Weibull [1].

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

Utilizando el ajuste de mínimos cuadrados para la ecuación de probabilidad de Weibull [2], mostrada en la ecuación (2).

$$P_i(v \leq v_i) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{v_i}{c}\right)^k\right]} \quad (2)$$

Con el método de regresión lineal propuesto por Touré (2005), donde relaciona las variables [3], se obtienen las ecuaciones (3), (4), (5) y (6).

$$y_i = \ln[-\ln(1-p_i)] \quad (3)$$

$$x_i = \ln(v_i) \quad (4)$$

$$a = -k \ln(c) \quad (5)$$

$$b = k \quad (6)$$

La figura 2, muestra la regresión lineal obtenida.

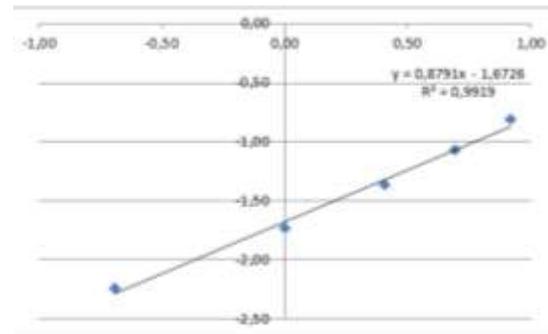


Fig. 2: Ajuste lineal de los datos en el Alto de Soracá - Tunja.

La ecuación obtenida en el ajuste es (7).

$$y = 0.8791x - 1.6726 \quad (7)$$

Donde el factor de forma k y el valor a son:

$$a = -1.6726$$

$$k = 0.8791$$

Se encuentra el factor de escala c , con la Ecu. (5).

$$C = e^{\left(\frac{a}{(-k)}\right)} = 6.7035 \quad (8)$$

Finalmente, la ecuación de Weibull (9).

$$P(v) = \left(\frac{0.8791}{6.7035}\right) \cdot \left(\frac{v}{6.7035}\right)^{(0.8791-1)} \cdot e^{-\left(\frac{v}{6.7035}\right)^{0.8791}} \quad (9)$$

3. POTENCIAL EÓLICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

El factor de escala c en m/s indica la velocidad promedio del lugar de estudio, y el factor de forma k es un índice de dispersión de los datos y la frecuencia con la que se presenta la velocidad promedio. Se obtiene la velocidad promedio del viento en el lugar de estudio con un valor de 6.7035 m/s.

Utilizando la ecuación (10) para el potencial eólico.

$$\text{Potencial eólico} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot r^2 \cdot \pi \quad (10)$$

La variación de densidad determinada por la Ecuación (11).

$$\rho = 1.225 \cdot e^{\left[\left(\frac{-Z}{8435} \right) - \left(\frac{T-15}{288} \right) \right]} \quad (11)$$

Se rempazan los resultados obtenidos en la ecuación general determinando el potencial eólico y para efectos de cálculo se supone un aerogenerador BORNAY 6000 con un diámetro de 4 m.

$$\text{Potencial eólico} = \frac{1}{2} \cdot 0.887 \cdot (6.7035)^3 \cdot (2)^2 \cdot 3.1415 \quad (12)$$

$$\text{Potencial eólico} = 3357.67 \text{ W}$$

La potencia que se alcanzaría utilizando un aerogenerador BORNAY 6000 no está considerando el límite de Betz del 59.3% y el coeficiente de potencia.

4. COMPARACIÓN POTENCIAL EÓLICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En Colombia, una de las zonas más atractiva desde el punto de vista eólico es la costa atlántica, aunque se han identificado otras regiones con posible potencial como el de Departamento de Arauca y algunas zonas de los altiplanos en las cordilleras. Según el mapa eólico de Colombia realizado el año 2006, existen 16 lugares donde las intensidades del viento son importantes para el aprovechamiento del recurso eólico. Entre estos lugares se destacan tres clasificados con vientos persistentes al tener velocidades de viento superiores a 5 m/s durante todo el año, Galerazamba en el departamento de Bolívar, Gachanáca en Boyacá y la isla de San Andrés. Además el atlas presenta los lugares donde las velocidades son persistentes con velocidades entre 4 m/s y 5 m/s como son la Legiosa en el Huila, Riohacha en la guajira y la isla de providencia. Los restantes lugares destacados en el atlas de viento no guardan gran persistencia en la velocidad de los vientos pero existe un potencial eólico que puede ser aprovechado.

Considerando los resultados presentados en el atlas de viento, es evidente que la zona de estudio presenta un potencial eólico activo para explotar, con una velocidad promedio de 6.70 m/s puede ser clasificado este viento como un viento persistente.

5. CONCLUSIONES.

La velocidad promedio del viento registrado en la zona de estudio es de 6,7035 m/s superando la velocidad de arranque para el aerogenerador BORNAY 6000 que es de 3.5 m/s.

La frecuencia con la que es posible obtener la velocidad mayor a 3 m/s en el día es del 64.11%.

La velocidad promedio del viento registrado en la zona de estudio es de 6.7035 m/s demuestra el potencial eólico, pudiéndose clasificar dentro del atlas de viento como una de las zonas con mayor potencial eólico del país considerando sólo la velocidad promedio.

Realizar un proyecto de energía eólico en la zona de estudio utilizando aerogenerador BORNAY 6000 tiene una alta probabilidad de éxito.

Teniendo en cuenta los resultados positivos presentados en el presente artículo, se puede decir que existe una viabilidad técnica para la realización de un proyecto eólico. Así el siguiente paso es considerar el límite de Betz, obtener el dato de la potencia que se puede generar y comenzar el estudio socio-económico.

REFERENCIAS

- Silva B., Alves J.A., Cavalcanti E.P., y Dantas R.T. (2002). Direção potencial eólico na direção predominante do vento no nordeste brasileiro nordeste brasileiro asileiro predominante vento Wind energy potential for the prevailing".
- Espinosa-arenal F., Saldaña-flores R., y Rivera-blanco C. (2011). *Evaluación Del Potencial Eólico para la Generación de Energía Eléctrica en el Estado de Veracruz.*
- Touré S. (2005) *Investigations on the Eigen-coordinates method for the 2-parameter weibull distribution of wind speed,* " *Renewable Energy.*
- UPME y el Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales, *Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia.* 2006, p. 169.
- Manwell, J.F., McGowan, J.G., Rogers, A.L. (2002). *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application.* Wiley, Primera edición. New York.