

# STUDY ON THE CONSTANT SUPPLY OF WIND POWER

## ESTUDIO SOBRE EL ABASTECIMIENTO CONSTANTE DE ENERGÍA EÓLICA

Jordan Guillot Fula.<sup>1</sup>

Adolfo Vilorio.<sup>2</sup>

### Keywords:

Energy, Renewable Generator, Hybrid, Freight.

### Abstract

Wind generators are systems of renewable energy production, which get their energy from the flow of air that passes through its blades. These systems are used worldwide to power generation, becoming the most used. But they and all systems of renewable energy generation, have drawbacks, such as energy production when there is no wind flow, or prevent damage to batteries by charging and discharging in autonomous systems. Figure theoretical research laboratory throw all these questions have a rather simple solution is to use a hybrid system, the design of a lifting system with low energy to transport the energy supplied by the wind turbine and the creation of a special hybrid charge controller with a robust control at the time of power supply.

### Palabras clave:

Energía, Renovables, Generador, Híbrido, Carga.

### Resumen

Los generadores eólicos son sistemas de producción de energía renovable, que adquieren su energía de la circulación del aire que pasa a través de sus aspas. Estos sistemas son muy usados a nivel mundial para la generación de energía, convirtiéndose en los más usados. Pero ellos como todos los sistemas de generación de energía renovable, poseen inconvenientes, como es la producción de energía cuando no hay flujo de viento, o como evitar el daño en las baterías por la carga y descarga en los sistemas autónomos. La figura de investigación teórica de laboratorio arroja que todas estas interrogantes tienen una solución bastante sencilla que es la utilización de un sistema híbrido, el diseño de un sistema de elevación con poca energía para el transporte de la energía suministrada por aerogenerador y la creación de un controlador de carga híbrido especial con un control robusto al momento del suministro de energía.

1. Universidad Cooperativa de Colombia, sede Santa Marta. Facultad de Ingenierías. Universidad Cooperativa de Colombia. Troncal del Caribe sector Mamatoco. Santa Marta, Colombia. Email: jordan.guillot@ucc.edu.co
2. Profesor Investigador de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Santa Marta, Magister en Ingeniería de Sistemas y Computación. adolfo.viloriac@campusucc.edu.co

\*Este artículo es asociado al proyecto de investigación: Estudio Sobre El Abastecimiento Constante De Energía Eólica

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de energía renovable como cualquier otro sistema, poseen ciertos inconvenientes al momento de producir energía como los paneles solares que dependen de la luz del sol para producir la energía, o los sistemas de generación hidroeléctrica que dependen del flujo de agua para la producción de electricidad, ...etc. En realidad hasta ahora son pocos los sistemas de energía los cuales pueden brindar energía, de manera interrumpida, y en cualquier lugar ya que no todos los sistemas se pueden aplicar en cualquier sitio como es el caso de la energía mareomotriz o simplemente no generar repercusiones hacia el ambiente, como es el caso de la Biomasa o de la muerte de los pájaros al girar las aspas de un aerogenerador,....etc.

## 2. ESTUDIO DE LOS SISTEMAS EÓLICOS

Los sistemas eólicos poseen ventajas y desventajas frente a otros sistemas de energía y su utilización requiere de un estudio previo que se debe realizar antes de implementar un sistema como este.

### 2.1. PROBLEMAS DE LA ENERGÍA EOLICA

Los huecos de energía se forman a causa que los sistemas de alguna u otra manera, no pueden sostener la alimentación de una carga definida, por lo cual se debe realizar un monitoreo del sistema para su posterior solución. Como es el caso de los generadores eólicos los cuales generan las siguientes interrogantes: ¿Qué pasa cuando no hay viento?, ¿Qué pasa si el viento circula de manera muy lenta? O ¿Qué pasa si el sistema de almacenamiento se carga y descarga de manera muy abrupta?, todos estos interrogantes son motivo de estudio acerca de cómo optimizar este sistema de energía alternativa.

### 2.2. SOLUCIONES A LAS ROBLEMATICAS.

Cuando se va a implementar un sistema de energía eólico se deben resolver ciertas inquietudes que nos van a ayudar a mejorar el rendimiento del sistema, así obtener y aprovechar de una mejor manera estos sistemas.

Si se elige mal el aerogenerador se pueden tener huecos de tensión, así como también si se instala en un lugar inadecuado. Por eso se tienen que evaluar diferentes aspectos antes de instalar un sistema eólico.

### 2.2.1. ¿QUÉ TIPO DE GENERADOR SE VA A ESCOGER?

La decisión de que generador se va a usar posee un valor importante al implementar este tipo de sistemas ya que un sistema poco eficiente genera caídas de tensión.

Escoger el aerogenerador a implementar en una zona, depende del estudio del promedio del viento que circula en un terreno donde se pretenda implementar uno de estos sistemas si hay vientos fuertes se escoge uno de eje horizontal y si hay poco viento se escoge uno de eje vertical. También en el diseño del sistema se deben tener en cuenta que tipo de conversión mecánico eléctrico se va a realizar para aprovechar al máximo este tipo de sistema.

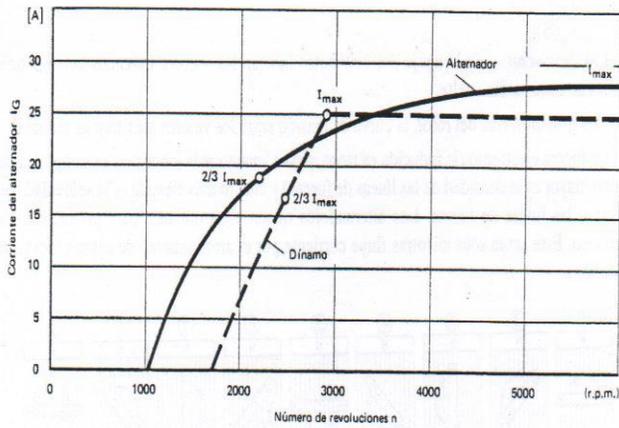
Las investigaciones sobre la energía eólica a nivel mundial, han hecho que muchas otras personas generen diseños de aerogenerador más eficientes como los llamados generadores ADN, los Darrieux, los Savonius y todas sus derivaciones que se deben tener en cuenta al momento de la elección del generador.

En un lugar donde no haya mucha velocidad de viento no se pueden colocar generadores con eje horizontal, sino aerogeneradores de eje vertical, debido a que estos tipos de generadores funcionan a muy bajo régimen de viento y su eficiencia es baja a altas velocidades pero a bajas velocidades de viento su eficiencia es más alta que la de los generadores con eje horizontal.

### 2.2.2. ¿QUÉ TIPO DE CONVERSIÓN MECÁNICO-ELÉCTRICA DEBE POSEER EL AEROGENERADOR?

Las caídas de tensión muchas veces se deben a que el aerogenerador no puede alimentar la carga a causa de que el dinamo o el alternador en el interior de sistema no ha llegado a un número de revoluciones óptima para su funcionamiento, A causa del poco viento.

Se han hecho estudios acerca de cómo mejorar el cambio de energía eléctrica a mecánica por lo cual se dejaron de usar los dinamos que requerían de muchas revoluciones para funcionar de manera óptima y se pasó a utilizar a los alternadores trifásicos con un conversor AC-DC en forma de rectificador de onda completa que es usado en los sistemas automotrices. Estos alternadores requieren menor cantidad de revoluciones para su funcionamiento y sufren de menos desgaste de sus piezas además de ser más eficientes en su conversión. En la siguiente gráfica, se podrá observar el comportamiento de un dinamo ante un alternador.



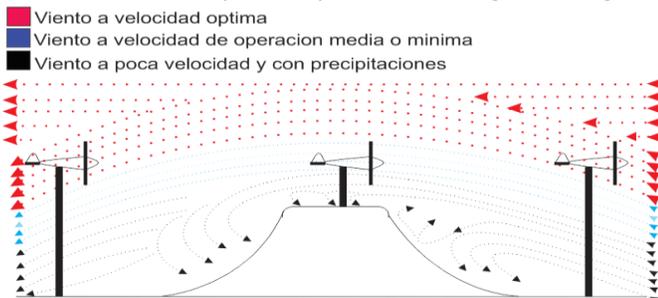
**Figura 1 Corriente producida por los generadores contra RPM**

Como se puede observar los alternadores representados por la línea continua, como una de sus múltiples ventajas, son más pequeños con respecto a los dinamos, son más ligeros y son más fáciles de introducir en un generador por tanto son los ideales al momento de escoger un generador eólico, que pueda ser usado en un sistema eficiente.

En la actualidad todavía hay compañías que diseñan aerogeneradores con dinamos pero estos aerogeneradores requieren de velocidades muy altas para su funcionamiento y solo se deben implementar en lugares muy altos o donde haya una gran cantidad de viento circulando a grandes velocidades.

**2.2.3. ¿DÓNDE UBICAR ESTE TIPO DE SISTEMAS?**

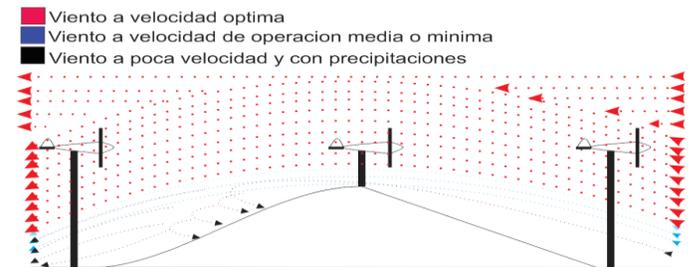
Uno de los principales factores que influye en el éxito de un sistema de energía renovable es la ubicación del sistema, Los aerogeneradores deben ser colocados en un lugar donde el viento circule de manera ininterrumpida preferiblemente y a una altura superior a 6 metros sobre cualquier obstáculo que pueda generar una trampa de aire o una precipitación o en su defecto arriba del obstáculo como se puede apreciar en la siguiente figura.



**Figura 2. Viento contra un obstáculo no aerodinámico.**

El obstáculo genera que el viento se desvíe hacia arriba, hacia abajo y a los lados, por lo tanto se debe tener en

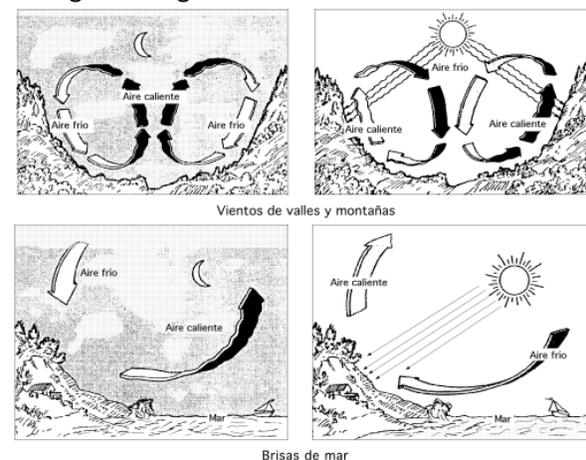
cuenta la altura del obstáculo y la distancia a la cual se va a colocar la torre del aerogenerador con respecto al obstáculo, para así lograr optimizar su funcionamiento. Si se coloca arriba del obstáculo hay que tener en cuenta la precipitación que el obstáculo genera en la parte de arriba del mismo. La aerodinámica del obstáculo también influye en la producción de viento en un lugar determinado, debido a la circulación de aire sobre el obstáculo, como se puede apreciar en la siguiente figura.



**Figura 3. Viento es un obstáculo aerodinámico.**

Como se puede observar en la gráfica anterior a causa de la aerodinámica del terreno se puede observar que los vientos a velocidad optima se encuentran a una menor distancia frente al suelo es decir que se pueden reducir el tamaño de las torres con respecto al obstáculo es decir se pueden utilizar torres más pequeñas para levantar el aerogenerador solo si el obstáculo tiene una forma parecida y deja fluir el viento libremente sin producir trampas de aire.

En la ciudad de santa marta se aprecia que hay diferentes tipos de relieves que van desde la llanura, sectores montañosos, valles y zonas costeras. En cada uno de estos tipos de relieve se observa una diferente forma de circulación del aire que se puede apreciar en las siguientes gráficas.



**Figura 4. Circulación de viento en zonas montañosas, valles y zonas costeras.**

Es muy recomendable instalar el aerogenerador lo más alto posible o en sitios donde pueda haber efecto FOHN los cuales hacen que los sistemas montañosos actúen como aceleradores de viento. Este fenómeno ocurre solamente en sitios donde se concentren nubes en las partes más altas de las montañas que enfrían el aire que se vuelve más pesado y baja una masa de aire importante realizando ráfagas de viento que pueden mover el aerogenerador. En la siguiente grafica se muestra como ocurre este fenómeno

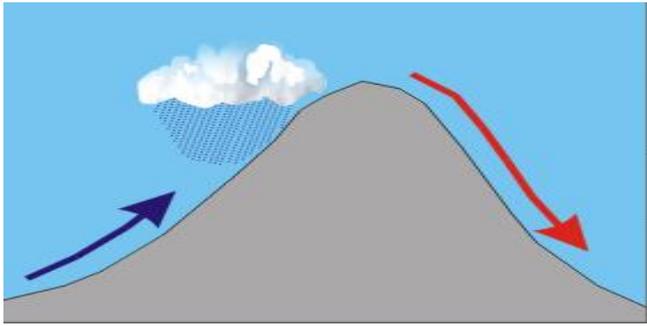


Figura 5. Efecto FOHN o sobra de montaña.

También se pueden sugerir sistemas offshore o sistemas marinos.

No falta destacar que si el sistema se instala demasiado lejos del banco de baterías se debe pasar de corriente continua a alterna, elevar su nivel de tensión y transmitirlo a altas frecuencias de manera en que haya menores perdidas por histéresis en el cable de transmisión.

#### 2.2.4. ¿A QUE ALTURA UBICAR EL AEROGENERADOR?

La altura a la que debe estar el aerogenerador depende mucho del manual del mismo pero muchos de estos sistemas siguen la ubicación por lo menos 6 metros por arriba de una estructura que pueda generar una trampa de aire o turbulencias no deseadas.

La ubicación de un aerogenerador es muy importante, por eso es recomendable colocarlos en lugares altos, como en los techos de los edificios como es el caso de las ciudades, en la cima de las montañas y cerros como es el caso de zonas rurales u otros sitios donde se pueda usar el fenómeno de la sombra de la montaña. A mayor altura se coloque un generador eólico mayor será su rendimiento por ende se propone generar un sistema de elevación a poca potencia como es el caso de los elevadores hidráulicos por efecto de pascal para así poder aumentar la altura del aerogenerador y lograr un mejor rendimiento con base a las fórmulas de velocidad del viento o la ley exponencial de HELLMANN.

La idea de una base elevadora parece algo ilógico pero si se ve desde una perspectiva de protección en caso en que los vientos superen una velocidad bastante grande como es el caso de las tormentas y los tornados los cuales pueden derribar las estructuras que se encuentran a una determinada altura, con esta base se disminuiría la altura y se enterraría más en el piso el aerogenerador dando más soporte al aerogenerador. Además que con el efecto de la ley de pascal de las presiones se necesita poca energía para realizar un gran trabajo como lo muestra la siguiente figura.

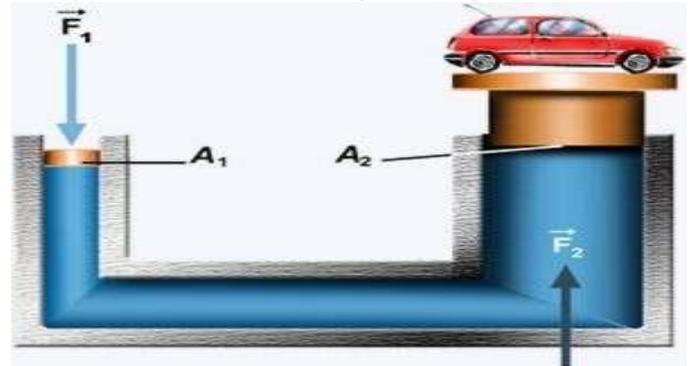


Figura 5. Elevador hidráulico con efecto de pascal.

Ya que la  $P_1 = P_2 \rightarrow P = \frac{F}{A} \rightarrow F_1 = \frac{A_1 F_2}{A_2}$  con esta base especial que aumentaría el coste del sistema, pero lo mantendría fijo y lo bajaría en un caso de exceder el viento la velocidad de operación, también le agrega más agarre al piso. Cuando haya poco viento lo levantaría para lograr un poco más de velocidad. Así poder mejorar un poco el rendimiento según la fórmula de HELLMANN.

#### 2.3. SISTEMAS DE APOYO

El viento es una variable casi impredecible, por lo cual hay que observar la ausencia de viento y a veces el sobreviento que se genera. Las estaciones meteorológicas entregan un promedio del viento circulante pero no entregan el viento que pasa en ese mismo instante.

Los sistemas eólicos requieren de sistemas de apoyo para evitar la falta de energía hacia la carga cuando se presente el caso en que no hay viento, con un número de  $n$  sistemas de energía renovable como los sistemas solares fotovoltaicos, los Hidro-generadores, los paneles térmicos,...etc.

Normalmente estos sistemas se colocan de manera conmutada. Cuando se conmutan se pierde la poca energía que puede ofrecer el sistema en el momento en que su eficiencia cae. Ese proceso se debe realizar de una manera no alternada sino sumada a manera de que

carguen un sistema de baterías. Este sistema apoyaría en el caso en que se presente que los n sistemas de apoyo fallen las baterías pasen a sostener la carga en los sistemas conectados a red, por lo tanto deben ser usados más de dos sistemas de energía y ubicarlos de manera estratégica para poder evitar las pérdidas por efecto de joule.

Si no se pueden ubicar cerca los sistemas de energía renovable se debe pasar de CC a AC a una frecuencia alta para así ser transmitida y luego se debe rectificar para posteriormente ser sumadas las potencias por medio de un controlador híbrido. Que las sume no que las conmute.

### **2.3.1. CONTROLADOR HIBRIDO**

Los controladores híbridos son sistemas de control de tensión, los cuales solo se encargan de observar el estado de la batería y protegerla para el caso de los controladores no especializados que son comúnmente utilizados en este tipo de sistemas. Para el caso de los MPPT (Maximum power point tracking) ellos varían su carga con respecto al sistema en cuestión para lograr el máximo punto de transferencia en el caso en que se utilice. Pero estos sistemas son especializados por lo tanto hacen que sea muy difícil conseguirlos para múltiples sistemas de energía renovable pero se pueden conseguir para cada uno independientemente y después unirlos todos en un sistema de conexión a red en caso de alta potencia o en caso de autonomía regularlo desde el controlador.

En los sistemas conectados a red existen inversores que tienen entrada para paneles solares y entrada para sistemas eólicos. Estos sistemas son especiales solo para inyección a red, se pueden utilizar en sistemas autónomos, pero apoyando al inversor senoidal principal.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de aerogeneradores comerciales poseen por defecto del fabricante un regulador de tensión DC transistorizado y que por el cambio repentino de tensiones con un sistema tipo Buck se puede averiar así que se debe tener cuidado al momento del diseño del controlador.

### **2.4. COMPROBACIÓN DE LA TEORÍA "PRUEBAS DE CAMPO"**

Para comprobar todo este estudio en el campo se escogió un aerogenerador como el AIRWIN 30 que

proporciona 400 W de potencia, su conversión electromecánica es por dinamo y posee un regulador interno de tensión.

En las pruebas de campo se escogieron lugares en la ciudad de santa marta en los cuales se podía observar los diferentes tipos de relieve y comprobar la teoría con la realidad.

Se observó primero colocando el aerogenerador en un lugar aleatorio como en el campo de soccer de la UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA donde se instaló el aerogenerador a una altura de 3mts y por la multitud de trampas de aire, pese a que había viento el aerogenerador no se movía, a causa de las zonas de turbulencia. Después se buscó un lugar abierto como en el centro de la cancha de soccer y se encontró que el generador se movía a una velocidad muy baja. Con vientos de 2m/seg.

Se procedió a experimentar en las zonas costeras y se escogió un sitio donde no hubieran trampas de aire y en un espacio abierto, el aeropuerto de la ciudad de santa marta, ubicado en la zona costera de dicha ciudad, se instaló el aerogenerador en un sitio libre de trampas de viento a una altura de 3mts, el aerogenerador se movía a una velocidad baja, generando 4V como máximo a una velocidad de viento de 3.2 m/seg coincidiendo con el promedio que se encuentra en la climatología de santa marta que da el ideam. El viento variaba de 3.2m/seg a 1.2m/seg.

Se realizaron otras pruebas en la zona conocida como playa salguero ubicado en el sector del rodadero reservado en la ciudad de santa marta. Se realizaron las pruebas anteriores y se observó que las velocidades del viento eran mucho más grandes en este sector que el sector del aeropuerto alcanzando velocidades de 5.6 m/seg y el generador suministraba una tensión de 8.2V, dando como mínima medida de velocidad 2.3m/seg que suministraba una tensión de 0.5V.

Después de estas pruebas en zonas costeras se dispuso a cambiar de locación y se eligió una zona montañosa costera como es el sector de taganga de la misma ciudad. Este sector posee todos los tipos de relieves antes mencionados. Se dispuso a realizar las pruebas a alturas diferentes primero a 15mts sobre el nivel del mar aproximadamente y luego a 35 mts aproximadamente, se observó que el aerogenerador se movía más rápido en la parte más alta, pero también se debe tener en cuenta la trampa de aire que forma el cerro. Después se hicieron pruebas en la cima del cerro que va hacia playa grande y se observó que el aerogenerador se movía a una

velocidad de 15mts/seg dando una tensión de 14.7V que es el voltaje que se había calibrado en el regulador interno del aerogenerador y una mínima velocidad de 10m/seg dando como tensión de salida de 10V.

### 3. CONCLUSION

La eficiencia del aerogenerador, depende en gran parte del lugar donde se situó el aerogenerador, del tipo de conversión mecánico eléctrico que posea el sistema y del tipo de aerogenerador que se escoja en caso de altas velocidades de viento o en bajas velocidades de viento.

La eficiencia del aerogenerador también depende de la manera en cómo se regule la tensión de salida del generador y de que esta regulación posea la menor cantidad de pérdidas posibles. También se puede mejorar la eficiencia del sistema reduciendo pérdidas por transmisión de energía desde el aerogenerador a las baterías o al sistema conectado a red convirtiendo de CC-AC transmitir y luego de AC-DC para así poder reducir las pérdidas por Histéresis y efecto Hall.

También se puede aumentar la eficiencia del generador aumentando la altura del mismo, pero hay que tener en cuenta que a mayor altura posea el aerogenerador más compleja tiene que ser la estructura de soporte.

Una manera de tapar los vacíos de tensión que produce el aerogenerador a causa de la falta de viento es utilizar un sistema de apoyo por medio de otro sistema de energía renovable.

Se debe seguir estudiando la manera de predecir el movimiento del viento para así poder saber exactamente cómo aprovechar este recurso.

### BIBLIOGRAFIA

[1] A. Díaz, L. Páez, Modelo Matemático De Un Aerogenerador. Revista Visión Electrónica, 48-60, 2009.

[2] P. Díez, Energía Eólica. Universidad De Cantabria, 2008.

[3] Escuela Naval "Almirante Padilla". Climatología De Los Principales Puertos Del Caribe Colombiano "Santa Marta". Cartagena: Cioh, 2010.

[4] J. González, R. Pérez, A. Santos, M. Gil, Centrales De Energía Renovable. Madrid: Pearson, 2009.

[5] J. López, Manual De Energía Eólica. Madrid: Mundi-Prensa, 2008.

[6] T. Perales, Guía Del Instalador De Energías Renovables, México: Limusa, 2010.