

OPTIMIZACIÓN EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA
DE UN PARQUE EÓLICO BAJO DETERMINADAS
CONDICIONES AMBIENTALES



AUTORES

Fernández, Natalia
Comisión 1
Legajo 44758
nata.fernandez77@gmail.com

Benedetti, Juan Ignacio
Comisión 1
Legajo 45403
juanigbenedetti@gmail.com

Cutró, Gastón
Comisión 1
Legajo 44757
gastoncutro365@gmail.com

Gofiar, Cristian
Comisión 1
Legajo 44839
cristiangofiar@gmail.com

Cabanellas, Ignacio
Comisión 1
Legajo 44987
Ignaciomcabanellas@gmail.com

Índice

1. Situación Problemática	3
2. Problema	3
3. Objetivos de la investigación	4
4. Marco teórico	4
4.1. Funcionamiento del aerogenerador	4
4.2. Fórmulas para modelar el problema	5
4.3. Rugosidad.	6
4.4. Efecto estela.	6
4.5. Ventajas y desventajas del terreno elegido.	7
4.6. Ventajas	7
4.7. Desventajas	8
4.8. Parques Eólicos en la práctica	8

Índice de figuras

1. Funcionamiento aerogenerador.	5
2. Fórmulas utilizadas.	5
3. Fórmulas utilizadas.	6
4. Rugosidad de un terreno X.	6
5. Efecto estela.	7

1. Situación Problemática

En este momento, en nuestro país la problemática en la cual podemos observar la operación de este tipo de proyectos es la tala que tocaría hacer para poder construir el parque eólico, el daño que se le haría al suelo sería grande sabiendo que para poder instalar cada uno de los aerogeneradores tienen que estar en una parte plana por lo cual tocaría devastar una gran cantidad de terreno, bajar montañas y se afectaría la calidad hídrica y natural del ambiente. Entonces podemos observar que a pesar que este tipo de energía es amigable con el medio ambiente cuando ya está en funcionamiento, antes de esto el desorden ambiental es grande: la tala de árboles, el daño hídrico y el suelo son los recursos más importantes en nuestro país. Por lo mencionado anteriormente es que vamos a enfocarnos en seleccionar terrenos adecuados para generar nuestro estudio, sin intervenir o corromper espacios no aptos para desarrollar esta actividad. Es más barato ahorrar electricidad que generarla, mediante cualquier método. Según estudios recientes, las medidas para potenciar la eficiencia energética cuestan alrededor de 1,4 céntimos de euro por kilowatio hora (por unidad). El coste de la energía eólica es de 4 a 5 céntimos de euro por unidad.

Con todo, para combatir el cambio climático, es necesario combinar el uso de energías renovables con el ahorro de energía. Estaremos enfocados en ayudar a conseguir la primer opción, es decir, estaremos contribuyendo de alguna manera a ayudar a la toma de decisiones en cuanto a la ubicación de aerogeneradores para poder lograr apoyar esta lucha que nos corresponde a todos.

Los parques eólicos terrestres son, a día de hoy, más económicos que los marítimos. El mar es un entorno hostil y dificulta el establecimiento y funcionamiento de los aerogeneradores. Además, esperar que los parques eólicos marítimos sean rentables nos condenaría a renunciar a nuestros objetivos y compromisos inmediatos de utilizar energías renovables para afrontar el cambio climático. Por esta razón elegiremos utilizar espacios terrestres y dedicaremos nuestro estudio sobre las diferentes características del suelo que puede influir en la generación de energía eólica.

2. Problema

Los combustibles fósiles como el petróleo y el gas natural van a seguir siendo los más utilizados en todo el mundo por su importancia en el transporte y en el sector industrial. También las energías renovables van a experimentar un aumento en todo el mundo, aunque será más suave. El empleo de un tipo de energía u otro va a depender de los cambios que se den en la política o las leyes que limiten la producción de gases de combustión. Se puede notar la incertidumbre que presentará en el futuro para nosotros la toma de decisiones con respecto al tipo de energía que se implementará. Por esta razón vamos a abstraernos de las decisiones o cambios que se tomen con respecto a las leyes limitantes. Por esta razón decidimos que a lo largo del proyecto estaremos preguntándonos e intentando responder preguntas específicas del estilo:

- ¿Cómo representar la distribución de los aerogeneradores en un determinado terreno?
- ¿Cómo calcular la potencia que produce cada aerogenerador, y la influencia del viento en el mismo?
- ¿Cómo representar parques con distinto tamaño de área y distintas rugosidades en los terrenos?

- ¿Dado un cierto terreno, es aconsejable construir un parque eólico en el mismo?

En cuestión de sintetizar nuestros objetivos previamente definidos, procederemos a enfatizar en la búsqueda de una respuesta concreta definida como: ¿Cómo optimizar la generación de energía de un parque eólico de manera de obtener la mayor potencia generada en el territorio de Rufino en Santa Fé, Argentina en el año 2020?

3. Objetivos de la investigación

- **Objetivos genéricos** Optimizar la generación de energía de un parque eólico de manera de obtener la mayor potencia generada.
- **Objetivos específicos** Optimizar la generación de energía de un parque eólico de manera de obtener la mayor potencia generada en un determinado terreno, con una determinada rugosidad del terreno y un determinado aerogenerador. Comprobar la efectividad y eficiencia en la implementación de los aerogeneradores en dicho terreno y compararlo con otros para evaluar y verificar una correcta elección en la selección del espacio.

4. Marco teórico

4.1. Funcionamiento del aerogenerador

Los parques eólicos terrestres son las infraestructuras encargadas de producir energía eléctrica a partir del viento que se produce en emplazamientos en tierra. Para ello, se diseñan y construyen una serie de elementos capaces de transformar la energía cinética del viento en energía eléctrica, primero, y de convertirla en electricidad apta para el consumo, después, e integrarla en la red de distribución.

La energía eléctrica se produce en el aerogenerador. Se trata de una estructura que se sustenta sobre una cimentación de hormigón armado para garantizar su estabilidad y funcionalidad. Cuenta con un controlador que inicia y detiene la turbina según las condiciones climáticas, así como con un mecanismo que determina la dirección del viento y le permite orientarse correctamente. La torre —cuya altura depende de la orografía del terreno— va dotada de un sistema de balizamiento, con luces y colores específicos que hacen que resulte muy visible al tráfico aéreo para conseguir la máxima seguridad.

La fuerza del viento hace girar las palas del aerogenerador, que están diseñadas para captar al máximo esa energía cinética: pueden moverse incluso con vientos muy suaves, desde 11 kilómetros por hora. Las palas están unidas a la turbina a través del buje, que a su vez está conectado al eje lento, que gira a la misma velocidad de las aspas (entre 7 y 12 revoluciones por minuto). Una multiplicadora eleva esa velocidad más de 100 veces y la transfiere al eje rápido, que se mueve a más de 1.500 revoluciones por minuto. Dicha fuerza se transmite al generador (algunas tecnologías utilizan generadores de baja velocidad acoplados directamente al eje lento), donde la energía cinética se transforma en energía eléctrica. Y de ahí pasa al convertidor, que la transforma en corriente alterna.



Figura 1: Funcionamiento aerogenerador.

La energía eléctrica producida es de baja tensión, por lo que se conduce hasta un transformador que la eleva a media tensión (entre 20 y 66 kV) para que pueda ser transportada por el parque. Desde allí se traslada hasta la subestación, que convierte la energía en corriente de alto voltaje (más de 132 kV). Esta electricidad, ya apta para el consumo, se transfiere a través de la línea de evacuación (generalmente aérea) hasta las instalaciones conectadas a la red de distribución, que la lleva finalmente a los hogares.

4.2. Fórmulas para modelar el problema

$$u_x = u_0 \left(1 - \frac{2a}{(1 + \alpha \frac{x}{r_1})^2} \right) \rightarrow P(u_x)$$

Figura 2: Fórmulas utilizadas.

$$\alpha = \frac{1}{2 \ln \frac{z}{z_0}}$$

Figura 3: Fórmulas utilizadas.

4.3. Rugosidad.

Cuanto más pronunciada sea la rugosidad del terreno mayor será la ralentización que experimente el viento. Obviamente, los bosques y las grandes ciudades ralentizan mucho el viento, mientras que las pistas de hormigón de los aeropuertos sólo lo ralentizan ligeramente. Las superficies de agua son incluso más lisas que las pistas de hormigón, y tendrán por tanto menos influencia sobre el viento, mientras que la hierba alta y los arbustos ralentizan el viento de forma considerable.

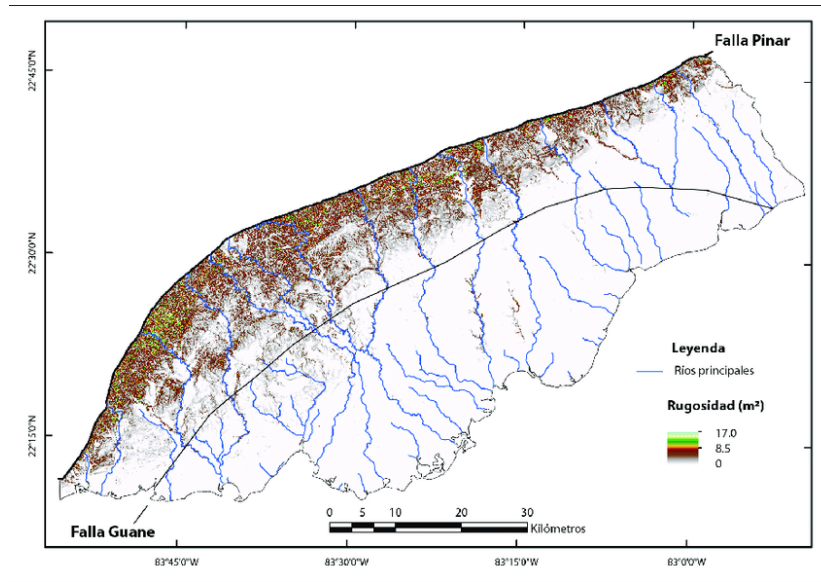


Figura 4: Rugosidad de un terreno X.

4.4. Efecto estela.

El efecto estela tiene un claro impacto de una turbina en otra, ya que extrae energía de la atmósfera y reduce la velocidad del viento aguas abajo, prolongándose hasta que el viento recupera su condición de flujo libre. Esto ocurre en cada parque eólico individual, pero los parques eólicos vecinos también contribuyen al fenómeno.

Los aspectos que más influyen en el déficit que genera este efecto son la longitud de la estela, su intensidad (TI) y la dirección predominante del viento. Una intensidad alta significa que la atmósfera es menos estable y hay más mezcla de aire, lo que, sin embargo, puede reducir la longitud de propagación de la estela y, por tanto, influir positivamente en el rendimiento del parque.

En la actualidad, la mayoría de los ingenieros y consultores que evalúan el recurso eólico usan un valor único o, en el mejor de los casos, un promedio de dos valores ponderados de la

dirección del viento y de la intensidad de la estela en sus modelos de estimación de la energía que producirá un proyecto. Pero la realidad es que la dirección del viento y el valor TI varían significativamente a lo largo del día y la noche y de las estaciones.

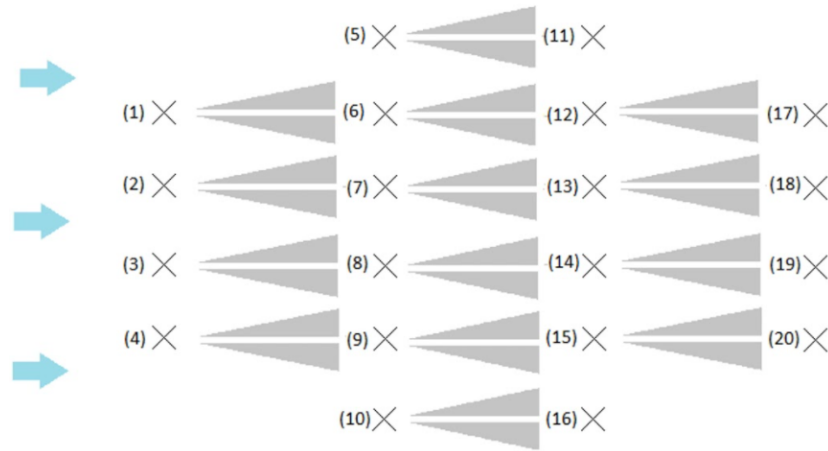


Figura 5: Efecto estela.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, es decir, la variación horaria y estacional de los efectos de la estela durante toda la vida útil de un proyecto, un enfoque sofisticado de modelado energético debería tener en cuenta la dimensión temporal. Las técnicas actuales que utilizan modelos avanzados de mesoescala (o predicción numérica del tiempo) ya han demostrado ser más precisas que los enfoques tradicionales utilizados por la industria.

4.5. Ventajas y desventajas del terreno elegido.

A continuación se expondrán algunas de las ventajas y desventajas estudiadas sobre la utilización de energía eólica respecto de otras alternativas.

4.6. Ventajas

La ventaja mas evidente de la producción de energía eólica es que se obtiene de manera renovable y limpia. Sin embargo, sabemos que no es la única forma de obtención de energía de este tipo, encontramos también en este grupo la energía solar, biomasa, mareomotriz, entre otras. A pesar de la diversidad de energías alternativas, un dato fundamental es que, según datos del mercado, el costo de generación de energía eólica viene cayendo en picada desde hace tres décadas, y se considera que es la forma de energía de este tipo mas barata, comparada con la solar y la hidroeléctrica. Su precio incluso ya se ubica al nivel del carbón y de la energía nuclear. Entonces, ¿Por qué es conveniente la instalación de un parque eólico?

Contrastando con su rival principal, la solución solar, la implementación eólica tiene ciertos beneficios, la producción no se interrumpe por las noches, o por falta de luz solar, que es mas probable que la falta de viento (siempre teniendo en cuenta la localización adecuada del parque), además, se produce más energía y de una forma mas barata. Sumando que la construcción de un parque solar requiere de mucha superficie terrestre, sobre la cual se imposibilita la circulación, sin embargo en los parques eólicos, si bien se requieren también

grandes extensiones, la circulación bajo los aerogeneradores es posible, incluso permitiendo la construcción de rutas sobre ellos.

Otra competencia importante la ejerce la energía hidroeléctrica. No obstante, notamos que, aunque este tipo de fuente es muy eficiente, el impacto ambiental contra la construcción de un parque eólico es muy superior, esto debido a que, en general, se debe construir una represa que retenga el nivel de agua con la altura suficiente para mover las turbinas por las que circulará, lo que implicaría una modificación del cauce natural del río sobre el cual se construye, afectando notablemente a la flora y la fauna del lugar. Un ejemplo interesante sobre el impacto ambiental de este tipo de centrales es la construcción de la Central Hidroeléctrica Binacional Salto Grande, inaugurada el 21 de Junio de 1979 sobre el Río Uruguay y compartida por nuestro país y el país vecino homónimo. Lo que sucedió fue que luego de su puesta en marcha, el lago producido por el embalse obligó el traslado de los ciudadanos de la vieja ciudad de Federación, de la cual gran parte quedó bajo el agua.

En lo que respecta a otros tipos de energía, como las no renovables, destacamos que aunque estas últimas son en general más eficientes, nuestro objetivo es plantear una solución alternativa, sin contaminantes, que permita una producción sustentable, a sabiendas de que las energías no renovables son incapaces de lograr esta finalidad.

4.7. Desventajas

En lo que respecta a las desventajas sobre la implantación de parques eólicos notamos, principalmente, el impacto ambiental, esto es debido a que distintos tipos de animales voladores como aves, murciélagos, y algunos insectos mueren por su colisión con las aspas de los grandes aerogeneradores, las cuales giran a una velocidad considerable.

Otra de las grandes desventajas es su difícil construcción en algunas áreas, como zonas montañosas o de complicado acceso, ya que el traslado de los equipos generadores es un trabajo dificultoso, al ser componentes muy pesados y de gran longitud.

Una desventaja importante es el necesario mantenimiento de los aerogeneradores que, sumándose al punto anterior, si se encuentran en ciertas zonas el acceso se dificulta.

Entre desventajas menores encontramos la falta de capacidad de los equipos para almacenar energía, es decir que necesitan de otros sistemas complementarios, la contaminación sonora que producen este tipo de parques, la necesidad de señalizar las torres para evitar accidentes aéreos y la falta de existencia de viento (o vientos demasiado veloces para el correcto funcionamiento de los aerogeneradores).

De todas formas, consideramos que las desventajas de este tipo de energía son inferiores a las ventajas que ofrecen y su correcta implementación es muy conveniente.

4.8. Parques Eólicos en la práctica

El diseño de una instalación eólica destinada a la generación de energía eléctrica es una tarea extraordinariamente compleja y multidisciplinar en la que intervienen las más diversas áreas del conocimiento. La complejidad del problema se deriva, entre otras causas, de la gran

cantidad de variables interdependientes y de restricciones que intervienen. Esto hace que la solución en la práctica se obtenga generalmente de forma heurística.

En la práctica a fin de simplificar la solución, el problema del diseño global del parque eólico suele separarse en dos subproblemas y, en consecuencia, más fácilmente abordables. Por un lado se estudia el subproblema de la compra de componentes necesarios para el parque y, por otro, el subproblema del diseño del parque.

Esta forma de desagregar el problema global no es arbitraria, sino que puede encontrar una primera justificación en la estructura de costes de un parque eólico. La mayor parte de la inversión inicial del parque corresponden al coste de adquisición de las turbinas y demás componentes eléctricos para el parque. Por tanto, desde una perspectiva estrictamente económica, el primero de los subproblemas, es el más significativo ya que justifica la mayor parte de la inversión total necesaria y juega un papel determinante en la producción total de energía eléctrica, es decir, en el retorno de la inversión.

Por otro lado, el problema del diseño del parque, si bien tiene menor relevancia económica en cuanto a inversión inicial se refiere, no es un problema menor y afecta también a la producción neta del parque.

Este problema comienza con la identificación preliminar de un lugar adecuado para instalar un parque eólico, para lo que hay que considerar tres factores principales:

- Disponibilidad de viento. La energía cinética del viento es el recurso energético primario por lo que interesa un elevado promedio anual de velocidad de viento y un bajo nivel de turbulencias.
- Disponibilidad y acceso a la red de transporte y distribución de energía eléctrica. Es necesario disponer de una línea eléctrica próxima, con suficiente capacidad disponible para evacuar la energía eléctrica producida
- Disponibilidad y acceso al terreno. Además de espacio suficiente para instalar los aerogeneradores es necesario buen acceso por carretera para los vehículos de transporte pesado

Normalmente, una vez localizada una zona con suficiente potencial eólico para instalar un parque, se proyecta heurísticamente la ubicación geográfica individual de cada una de las turbinas dependiendo de la cantidad de energía eléctrica extraíble con esa distribución.

A pesar que la producción de energía eléctrica mediante aerogeneradores es una tecnología ya madura, para que una planta eólica pueda llegar a cotas de potencia similares a las de las centrales convencionales hay que instalar un número más o menos importante de turbinas agrupadas. Esto hace que el rendimiento global de la planta, en su labor de extraer la energía cinética del viento, se vea condicionada por la posición individual que ocupe cada una de las turbinas dentro de la instalación.

De una forma bastante simplificada, la disposición de las turbinas dentro del parque se deriva, básicamente, del equilibrio entre dos factores económicos contrapuestos: Reducción de costes

y aumento del retorno de la inversión por venta de la energía producida, que favorece la dispersión de las turbinas, al minimizar el efecto estela.

Una vez decidida la configuración de un parque eólico integrado por un determinado número de turbinas, queda fijado el grueso de la inversión necesaria para su construcción y puesta en servicio. Esta inversión produce un retorno en cierta cantidad de tiempo, dependiente de la propia configuración del parque, que no es más que la diferencia entre los ingresos procedentes de la venta de energía producida y los costes de operación y mantenimiento.

Referencias

- [1] Funcionamiento aerogenerador In <http://eoliccat.net/principios-de-la-energia-eolica/como-funciona-un-aerogenerador/?lang=es> , 2020.
- [2] Efecto estela In <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower> , 2020.
- [3] Generador In <https://inta.gob.ar/maquinarias/generador-eolico-aerogenerador> , 2020.
- [4] Efecto estela In <https://www.youtube.com/watch?v=54QRBj0uOJs> , 2020.
- [5] Impacto In https://www.renogalia.com/blog/871_nuevo-sistema-para-conocer-el-impacto-del-efe.html, 2020.