

Estudio de Factibilidad para un Sistema de Recarga por Energía Eólica para un Vehículo Eléctrico
en la Ciudad de Quito

Kevin Guzmán Cajiao

Universidad Internacional SEK

Nota del Autor

Kevin Guzmán Cajiao, Facultad de Arquitectura e Ingenierías, Universidad Internacional SEK

La correspondencia relacionada con esta investigación debe ser dirigida a Kevin Guzmán Cajiao,

Universidad Internacional SEK, Calle Alberto Einstein s/n y 5ta. Transversal

Contacto: chesvin@hotmail.es

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios, que sin Él no estaría en donde me encuentro ahora, por darme la salud y el entendimiento que necesito, después dar siempre gracias a mis padres Héctor y Betty, que me han forjado a ser el hombre que he llegado a ser, además de su esfuerzo han logrado darme todo lo que necesito, y más. Su apoyo ha sido incondicional pese a muchas circunstancias, buenas y malas. A toda mi familia, Maribel, Jeanneth, Sandra, Héctor, Elsita, David, Bryan y Stefy, siempre gracias por su cariño, y por todas las cosas que han sabido enseñarme en el transcurso de mi carrera y de mi vida, tampoco puedo olvidar a mis maestros de escuela, colegio y universidad, ya que gracias a ellos aprendí lo que sé, en la parte académica, ellos supieron inculcarme todo el conocimiento, con paciencia y dedicación, a todos mis amigos, que me han visto crecer y que hemos estado juntos, en las buenas y malas, y que, si no fuese por ellos, con sus locuras tampoco hubiera aprendido nada, a todos simplemente un Dios les pague y muchas gracias por todo.

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mi Dios, que siempre me ha sostenido pese a las dificultades, y cuando ya no quiero nada, su mano me sostiene siempre. Además quiero dedicar todo esto a mis padres y a mi familia, porque su amor y reprimendas me han servido.

INDICE

Introducción	8
Antecedentes	9
Generadores.	9
Generadores eólicos.	11
Clasificación de los generadores eólicos.	12
Funcionamiento de los aerogeneradores.	13
Ventajas y desventajas de los aerogeneradores.	16
El viento.	17
La velocidad del viento.	17
Vehículos eléctricos.	19
Baterías.	21
Electrónica de potencia.	22
Objetivo.....	22
Justificación	22
Método	24
Autos eléctricos en Ecuador.....	24
Tipos de carga.....	26
Tipos de conectores para recargar vehículos eléctricos	28
Aerogenerador.....	30

Encabezado: ESTUDIO DE RECARGA DE UN VEHÍCULO POR ENERGIA EÓLICA

	5
Datos del viento en el sector Mitad del Mundo de la ciudad de Quito.	31
Cálculos del Aerogenerador.....	32
Resultados.....	39
Cálculo para el Aerogenerador Bornay 3000.....	42
Cálculo para el Aerogenerador AEOLOS 3000.....	43
Cálculo del inversor a utilizar.....	44
Cálculo de autonomía del vehículo KIA SOUL EV.....	47
Cálculo de las baterías.....	48
Cálculo del número de baterías para el aerogenerador Bornay 3000.	49
Cálculo del número de baterías para el aerogenerador AEOLOS 3000.	50
Discusión.....	52
Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	55
Bibliografía.....	56
ANEXOS.....	59
Anexo A.....	59
Anexo B.....	60
Anexo C.....	62
Anexo D.....	64
Anexo E.....	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características Técnicas del vehículo eléctrico KIA SOUL EV</i>	24
Tabla 2 <i>Tipos de conectores de vehículos eléctricos</i>	28
Tabla 3 <i>Velocidad del viento por mes durante un año en el sector Mitad del Mundo de la ciudad de Quito</i>	31
Tabla 4 <i>Velocidad del viento en el sector Mitad del Mundo de la ciudad de Quito en (m/s)</i>	36
Tabla 5 <i>Características técnicas del aerogenerador Bornay 3000</i>	40
Tabla 6 <i>Características Técnicas y Eléctricas del Aerogenerador AEOLOS 3kW</i>	41
Tabla 7 <i>Valores de η de acuerdo a la velocidad del aerogenerador</i>	42
Tabla 8 <i>Inversor SMA Sunny Boy 7000 W</i>	45
Tabla 9 <i>Inversor Sunny Boy 9000 W</i>	46
Tabla 10 <i>Características técnicas de baterías</i>	51
Tabla 11 <i>Cotización para el proyecto de un aerogenerador para recargar un auto KIA SOUL EV</i>	53

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Diagrama de funcionamiento de un aerogenerador. Fuente: (Donoso, 2011)	14
<i>Figura 2.</i> Partes de un aerogenerador. Fuente: (Tanaka, 2010).....	15
<i>Figura 3.</i> Rosa de los vientos que define la dirección del viento. Fuente: (Díez, 1993)	18
<i>Figura 4.</i> Experimento de Jedlik, auto eléctrico usando electromagnetismo. Fuente: (Costas, 2010)	19
<i>Figura 5.</i> Primer vehículo eléctrico cuyo nombre es La Jamais Contente, Fuente: (Costas, 2010)	20
<i>Figura 6.</i> Vehículo eléctrico KIA SOUL EV. Fuente: (Electromaps, 2016)	25
<i>Figura 7.</i> Conector Yazaki, conocido como conector tipo 1. Fuente: (Iriarte, 2012)	28
<i>Figura 8.</i> Conector Mennekes, conocido también como conector tipo 2. Fuente: (Iriarte, 2012) .	29
<i>Figura 9.</i> Conector Scame, conocido también como conector tipo 3. Fuente: (Iriarte, 2012)	29
<i>Figura 10.</i> Conector CHAdeMo, conocido también como conector tipo 4. Fuente: (Iriarte, 2012)	29
<i>Figura 11.</i> Influencia de los obstáculos en el aerogenerador. Fuente: (Bornay, 1970)	31
<i>Figura 12.</i> Aerogenerador Bornay 3000. Fuente: (Bornay, 1970)	40
<i>Figura 13.</i> Aerogenerador AEOLOS 3kW. Fuente: (Aeolos, 1986)	41
<i>Figura 14.</i> Inversor SMA Sunny Boy 7000 W. Fuente: (Garces, 2011).....	45
<i>Figura 15.</i> Inversor SMA Sunny Boy 9000TL-US. Fuente: (Garces, 2011).....	46
<i>Figura 16.</i> Batería de Gel ciclo profundo, 200Ah 12V. Fuente: (Solar A. , 2011)	51

Resumen

Recargar un vehículo eléctrico en la ciudad de Quito por medio de energía eólica, el cual es un proyecto en donde, se estudia; la factibilidad, parámetros y componentes, que posee un sistema para recargar un vehículo por medio de un aerogenerador, debido a que, las reservas mundiales de combustibles fósiles se están agotando, y además se quiere incluir nuevas posibilidades de producir energía verde, para así disminuir la contaminación ambiental, en la ciudad de Quito, siendo este proyecto viable, puesto que, las velocidades que se tiene en dicho sector del Ecuador son favorables para recargar un vehículo eléctrico, sin embargo el principal inconveniente que se presenta es que, el viento es disperso y de gran variabilidad, tanto en velocidad como en dirección, y su costo de implementación al momento, es muy elevado.

Abstract

To recharge an electric vehicle in the Quito city by wind energy, which is a project where, the feasibility, parameters and components are studied, which has a system to recharge a vehicle by means of a wind turbine, because the world's reserves of fossil fuels are running out, and you also want to include new possibilities of producing green energy, and reduce environmental pollution, in the Quito city, this project is viable, since the speeds in that sector of the Ecuador are favorable to recharge an electric vehicle, however the main problem that arises is the wind is dispersed and great variability, both speed and direction, and the cost of implementation at the moment, it is very high.

Introducción

Antecedentes

Generadores.

Un generador eléctrico es una máquina que transforma en energía eléctrica otras formas de energía (Guillermo León Martínez Arias, 2008).

Entre los años 1845 y 1870 se empezó la construcción de los generadores eléctricos, sin embargo presentaron varios problemas como baja eficiencia e inestabilidad en el funcionamiento. Por lo cual, en el año de 1881 Charles Brush luego de una ingeniosa combinación logró que el voltaje del generador fuese siempre constante (Braun, 2013).

Después de la ingeniosa idea de Charles Brush, los físicos Edward Weston y Thomas A. Edison encontraron factores de pérdidas de eficiencia en el generador de Brush, y físicos mencionados lograron solucionar estas pérdidas y aumentaron la eficiencia, en un 50% (Braun, 2013).

Una vez que la electricidad fue generada y distribuida para la iluminación, se aprovechó para ser utilizada como fuerza motriz por medio de motores eléctricos. Se puso así, a disposición de la industria y de los transportes un nuevo medio universal y barato de distribución de energía, que dio un gran impulso a la utilización de los motores eléctricos. Así, se creó la industria eléctrica pesada. Como se puede apreciar la industria eléctrica, en contraste con otras más antiguas, tuvo un carácter científico desde sus inicios (Braun, 2013).

Sin embargo, autores como: Braun (2013) afirma que, en 1900 se empezó a sustituir los generadores eléctricos por los ya conocidos motores de combustión interna, ya que para utilizar generadores eléctricos se debía de tener una red que abasteciera la gran demanda que se tenía en

ese entonces, por lo que se dieron cuenta de que un motor de combustión interna era mucho más práctico, ya que, se podía usar simplemente gasolina o gas.

Los generadores por su parte pueden clasificarse en:

- Generadores electromecánicos, que son aquellos que poseen un motor de cualquier tipo, que mueve el eje de una máquina para producir electricidad,
- Generadores electroquímicos, que son pilas o acumuladores, que almacenan corriente eléctrica producida por otros medios, y utilizarla cuando se requiera,
- Generadores fotovoltaicos, son aquellos que, generan corriente eléctrica continua directamente de la energía radiante solar, por fenómenos fotovoltaicos en el silicio (Gomez, 2012).

En cuanto a los tipos de generadores eléctricos se tienen los siguientes:

- Solar
- Nuclear.
- Eólica.
- Geotérmica.
- Hidráulica.
- Mareomotriz.
- Combustibles fósiles (Gomez, 2012).

El funcionamiento de un generador se basa en el fenómeno de inducción electromagnética, es decir, es el proceso por el cual se puede, o se logra inducir una corriente por medio de un cambio en el campo magnético, es aquí donde se utiliza la ley de Faraday la cual dice que, el

voltaje inducido en un circuito es directamente proporcional al cambio del flujo magnético en un conductor o espira (Graham, 2015).

Varios autores como, Mar (2016) afirma que, el voltaje inducido en un circuito cerrado resulta directamente proporcional a la velocidad, con que cambia en el tiempo el flujo magnético que atraviesa una superficie dada con el circuito haciendo de borde, en otras palabras quiere decir, la fuerza electromagnética inducida en cualquier circuito cerrado es igual al negativo de la velocidad del tiempo del flujo magnético encerrado por el circuito.

Entonces, sí se tiene una corriente eléctrica generando un campo magnético, se necesita de una espira por donde circule una corriente para conseguir que se genere la fuerza electromotriz, f.e.m, la misma que intenta de mantener una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto, o de producir una corriente eléctrica en un circuito cerrado (Enel, 2014).

Generadores eólicos.

La energía eólica es una de las formas más antiguas usadas por la humanidad, en los primeros barcos de vela de Egipto se utilizó al viento como fuente de energía, inclusive se utilizó esto en los primeros molinos de viento en el siglo VII, pero no es hasta el siglo XIX, que Lord Kelvin tuvo la idea de acoplar un generador eléctrico a una máquina que aprovechara el viento, siendo éste el antecedente del aerogenerador (Solar E. I., 2002).

Charles Brush, creó la primera turbina eólica para generar electricidad en 1888, pero luego de dos años, Poul la Cour puso en marcha la primera máquina diseñada específicamente para generar electricidad a partir de la energía eólica. Sin embargo, en la década de los 70, la energía eólica llega a su auge (Solar E. I., 2002).

Actualmente, son varias las razones por las que se presta especial atención a la investigación, diseño e implementación de nuevas formas de energía renovables, debido a la necesidad de satisfacer una gran demanda de energía que existe por parte de las sociedades humanas, ya que, el planeta se encuentra mucho más poblado y el consumo de energía se duplica. También está la necesidad de potenciar nuevas fuentes de energía que ahorren combustibles fósiles, para así, reducir el consumo de recursos no renovables, además, se trata de reducir la emisión de gases contaminantes hacia el medio ambiente (Villarrubia, 2004).

Clasificación de los generadores eólicos.

Los generadores eólicos se pueden clasificar de acuerdo a potencia nominal en:

- Microturbinas (inferior a 3 kW), son utilizadas por pequeños consumidores de energía, generalmente se utilizan para carga de baterías de almacenamiento, en general son eólicas rápidas de eje horizontal, con pequeños diámetros, que van en orden de 1 hasta 5 metros, que trabajan a velocidad de rotación elevada, y generalmente variable. La electricidad producida en forma de corriente alterna de frecuencia variable es almacenada en las baterías para ser convertida nuevamente de corriente continua a alterna a frecuencia constante (50 o 60 Hz) (Villarrubia, 2004).
- Pequeños aerogeneradores (inferiores a 50 kW), este tipo de aerogeneradores cubre la misma demanda que los anteriores, con la diferencia que estos poseen mayor potencia, este tipo de aerogeneradores utilizan cajas de engranajes entre el eje del rotor y el del generador para amplificar la velocidad del rotor (Villarrubia, 2004).
- Grandes aerogeneradores (inferiores a 850 kW), estos aerogeneradores son para la producción de electricidad para su inyección a la red, son generadores rápidos por

lo general con un rotor tripala. La mayoría de ellos se encuentran en un rango entre 200 a 850 kW, con diámetros entre 25 y 55 m, el motor generalmente gira a velocidad constante entre 15 m/s, y la velocidad de la pala no supera los 65 a 70 m/s, y de esa manera limitar la emisión de ruido y la acción de la fuerza centrífuga. Estos generadores van dotados de caja de engranajes, para lograr amplificar la velocidad y accionar del generador eólico, estos aerogeneradores son los más utilizados en los parques eólicos (Villarrubia, 2004).

- Aerogeneradores multimegavat (entre 1 y 3 MW), dichos generadores tienen diámetros con un rango entre 50 a 90 m, estas máquinas son grandes, a comparación de los mencionados anteriormente, estos aerogeneradores tuvieron su auge comercial en la primera década del 2000 (Villarrubia, 2004).

Funcionamiento de los aerogeneradores.

La energía del viento hace mover las paletas de los generadores. Debido a la forma que tienen las paletas, se genera una diferencia de presiones, que produce la fuerza necesaria para desencadenar el movimiento rotatorio en el eje principal del generador eólico. El eje principal se acopla a una multiplicadora, para que la rotación del eje a la salida de la multiplicadora sea apta para la generación eléctrica en el generador (Tanaka, 2010).

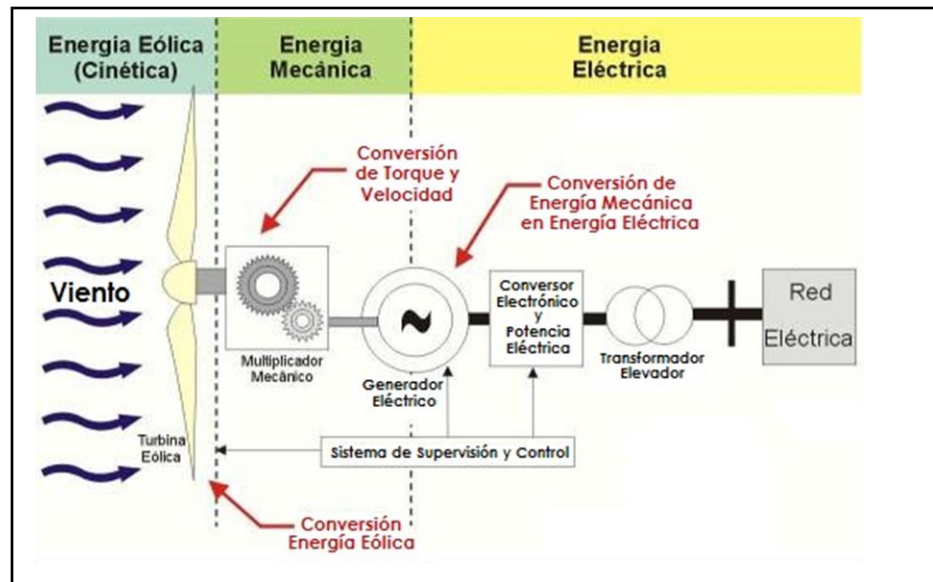


Figura 1. Diagrama de funcionamiento de un aerogenerador. Fuente: (Donoso, 2011)

En la Figura 1, se observa el funcionamiento de un aerogenerador, en la primera parte las palas del rotor aprovechan la velocidad del viento para girar, luego hacen girar el eje principal, el cual se encuentra conectado a una caja multiplicadora, la cual permite que las revoluciones que se tengan en el eje principal sean el doble, para luego hacer girar a un generador, en donde se va a producir electricidad, y después el convertor electrónico es el encargado de monitorear las condiciones del aerogenerador (Donoso, 2011).

En el generador es donde se produce la electricidad, y su principio de funcionamiento es básicamente el de un motor eléctrico conectado de manera inversa. Si a un motor eléctrico se le entrega electricidad, este entregará energía de rotación. Si a un generador se le entrega energía de rotación, este entrega energía eléctrica. Esta energía eléctrica va a un transformador, el cual convierte la energía eléctrica para transportar la energía por los cables de la manera más eficiente posible (Tanaka, 2010).

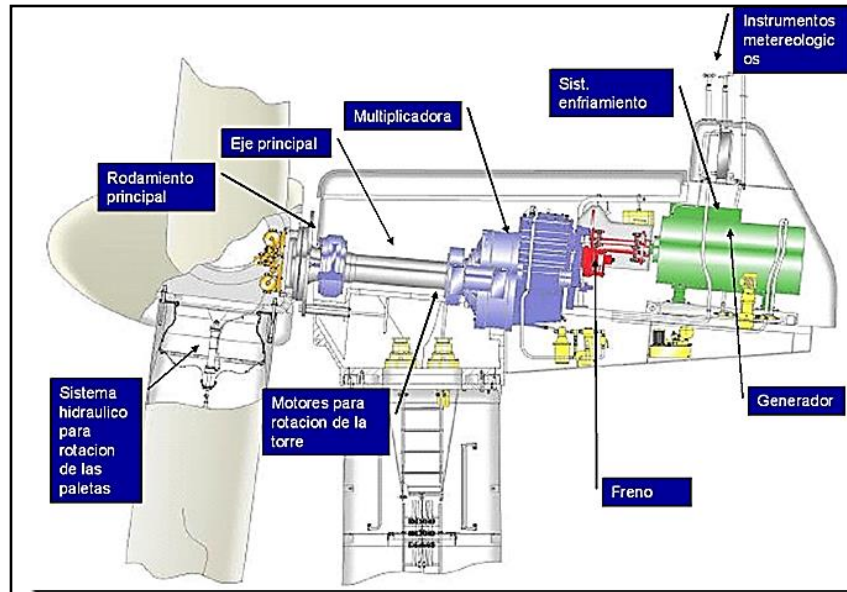


Figura 2. Partes de un aerogenerador. Fuente: (Tanaka, 2010)

Se observa la Figura 2, la misma que indica las partes de un aerogenerador, a continuación se describen las partes de la imagen,

- Sistema hidráulico para la rotación de las paletas: es un sistema que hace girar las paletas en su propio eje en función de la velocidad del viento. Este sistema aumenta notablemente la eficiencia del generador eólico.
- Rodamiento principal: este gran rodamiento es el punto de apoyo para el eje principal.
- Multiplicadora: adentro se encuentra un juego de engranajes para hacer que el movimiento rotatorio del eje principal, se multiplique a una velocidad de giro mayor, más cercano a la velocidad de giro de sincronización del generador. Se necesita llegar a esta velocidad de sincronización para que el generador produzca energía eléctrica con la frecuencia adecuada para la red eléctrica. La multiplicadora ayuda en parte a que los generadores sean más silenciosos. En parte porque las multiplicadoras son las que generan una buena parte del ruido molesto de los generadores, pero con este sistema se logra que las paletas de los

molinos giren a una velocidad mucho menor, generando así mucho menor ruido entre paleta y el aire, y además aumenta notablemente la durabilidad y seguridad de las paletas.

- Motores para rotación de la torre: Los molinos cuentan con un sistema de giro de la torre de manera que el viento llegue al molino lo más de frente posible. Los sensores meteorológicos registran de donde viene el viento y le mandan la señal a los motores eléctricos para mover al lugar indicado.
- Freno: El generador eólico es frenado cuando se detectan vientos muy fuertes que comprometen la seguridad. También es aplicado en las paradas de emergencia o en paradas de mantenimiento.
- Sistema de enfriamiento: El constante movimiento de rotación y a velocidades del rango de los 1500rpm, se genera energía calórica debido a la fricción entre los engranajes. La temperatura del aceite debe ser controlada con este sistema de enfriamiento para acondicionar la temperatura a la temperatura de funcionamiento de la multiplicadora.
- Generador: Convierte la energía de rotación en energía eléctrica. Cuenta con un sistema de control para conectar y desconectar de la red eléctrica.
- Instrumentos meteorológicos: Estos sensores miden la velocidad, la aceleración y la dirección del viento. Toda esta información va a un sistema que controla la rotación de las paletas, la rotación de la torre, el acople del generador con la red, las paradas de emergencia, entre otras funciones (Tanaka, 2010).

Ventajas y desventajas de los aerogeneradores.

Las principales ventajas que poseen los aerogeneradores eólicos son:

- No existen emisiones de gases contaminantes.

- Es una fuente de energía renovable, sin que se requiera procesos de extracción subterráneos o a cielo abierto como ocurre en la minería o la geotermia.
- Su uso y posibles incidentes en su explotación no implican riesgos ambientales de gran impacto.

Las principales desventajas de utilizar aerogeneradores eólicos son:

- El viento es disperso y de gran variabilidad y fluctuación, tanto en velocidad como en dirección, por lo que no todos los lugares son adecuados.
- Impacto sobre la fauna especialmente en las aves.
- Impacto visual generalmente porque los parques eólicos se sitúan en las partes altas o elevadas de montañas por lo que no se hace visualmente atractivo (Villarrubia, 2004).

El viento.

El viento es una masa de aire que se desplaza desde zonas de presión elevada hasta zonas de baja presión. El mismo se vincula con una multitud de fenómenos meteorológicos, tales como las precipitaciones, aumentos temporales de frío o calor, etc. El viento se puede percibir como un proceso propio de la atmosfera, el mismo que busca una situación de equilibrio continuamente.

El aprovechamiento de la energía que poseen las masas de aire en movimiento, el viento, no es algo exclusivo en estos días sino que esto se viene utilizando desde hace largo tiempo. Las formas de utilización y la tecnología aplicada han sido las que han ido cambiando con el pasar del tiempo (Navales & Martínez, 2008).

La velocidad del viento.

El viento viene definido por dos parámetros fundamentales que son, su dirección y su velocidad. La dirección del viento y su valoración a lo largo del tiempo conducen a la ejecución

de la llamada rosa de los vientos como se puede observar en la Figura 3. La velocidad media del viento varía entre 3 y 7 m/s, según diversas situaciones meteorológicas; es elevada en las costas, más de 6 m/s, ya sea como en valles que bien puedan ser estrechos o angostos (Díez, 1993).

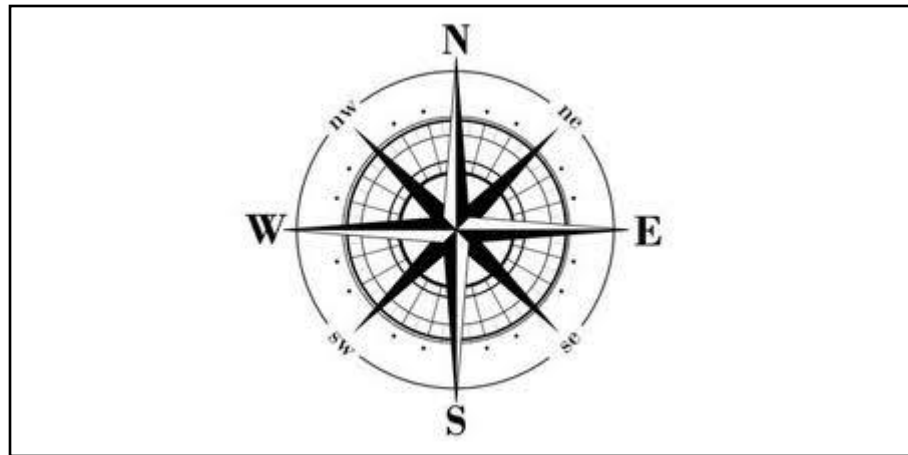


Figura 3. Rosa de los vientos que define la dirección del viento. Fuente: (Díez, 1993)

En otras regiones es, en general, de 3 a 4 m/s, siendo bastante más elevada en las montañas, dependiendo de la altitud y de la topografía. La velocidad media del viento es más débil durante la noche, aumenta a partir de la salida del sol y alcanza un máximo entre 12 y 16 horas solares (Díez, 1993).

La dirección del viento se comprueba mediante una veleta, mientras que la velocidad se la mide con el anemómetro; dependiendo sea la velocidad tres definiciones se pueden considerar acerca del viento como:

- Instantáneo, se mide la velocidad del viento en un instante determinado.
- Medio aeronáutico, se mide la velocidad media durante 2 minutos.
- Medio meteorológico, se mide la velocidad media durante un lapso de 10 minutos (Díez, 1993).

Vehículos eléctricos.

Era en el siglo XIX, que los investigadores se dieron cuenta que el vapor no lograba sustituir al coche de caballos, y que el electromagnetismo avanzaba, en la Figura 4 se observa el experimento de Jedlik, en el año 1828, que luego fue transcurriendo y en 1838, Robert Davidson consiguió mover una locomotora a 6 km/h sin usar carbón ni vapor (Costas, 2010).

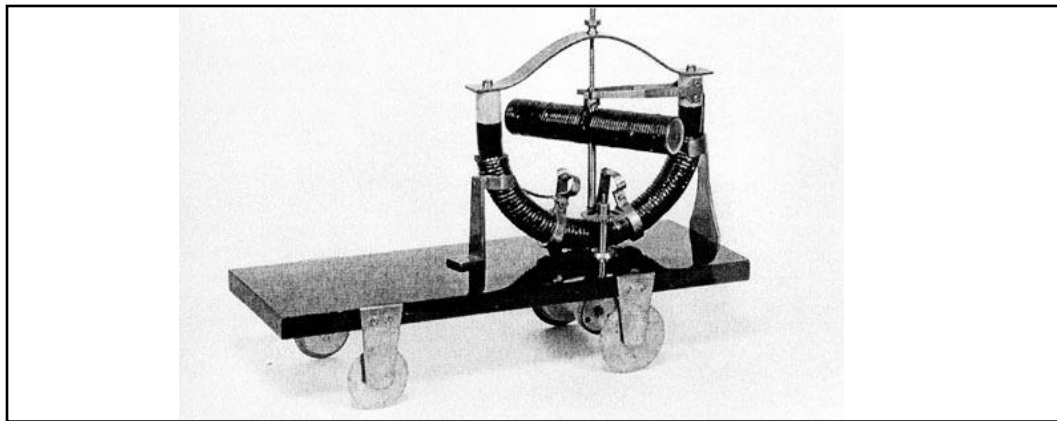


Figura 4. Experimento de Jedlik, auto eléctrico usando electromagnetismo. Fuente: (Costas, 2010)

Entre los años 1832 y 1839 se inventó el primer vehículo con tracción eléctrica a manos de Robert Anderson, sin embargo este vehículo tenía una pila la que no se podía recargar, ya que en la ciudad no existían líneas electrificadas (Costas, 2010).

En la Figura 5 se muestra el auto eléctrico llamado “La Jamais Contente” (Costas, 2010). Este vehículo fabricado por el francés Jénatzy, alcanzó por primera vez los cien kilómetros por hora, y con este vehículo se consiguió que los primeros medios de transporte como buses o trenes se hicieran eléctricos (Alvarado, 2009).



Figura 5. Primer vehículo eléctrico cuyo nombre es La Jamais Contente, Fuente: (Costas, 2010)

La contaminación de los vehículos eléctricos viene de la mano con la generación de la electricidad para recargar las baterías, sin embargo, las emisiones que genera un vehículo a combustión interna son demasiadas en comparación de los vehículos eléctricos que tienen casi nulas las emisiones, ya que los autos a combustión producen gases contaminantes como: CO₂, NOX, SO₂, y también los gases de efecto invernadero producidos por la combustión de combustibles fósiles. Sin embargo, afirmar que los vehículos eléctricos sean cero emisiones, no es tan cierta, debido a que se debe observar la procedencia de la energía eléctrica para recargarlos, ya que si la energía proviene de plantas térmicas, es muy contaminante, así que, no se vería la mejora en poseer un auto eléctrico en comparación a uno de combustión, por lo que, se quiere aprovechar los recursos que se tiene como por ejemplo la energía eólica o la energía solar, y de esta manera ayudar al medio ambiente (Alvarado, 2009).

Baterías.

La energía y la potencia específicas de baterías electroquímicas son mucho menores a las entregadas empleando gasolina, es por ese motivo que se necesitan de un número grande de baterías para asegurar un nivel de potencia aceptable, sin embargo, sí a un vehículo eléctrico se le coloca muchas baterías presenta inconvenientes como, la reducción del espacio interior del vehículo, el incremento del peso y costo en el vehículo, y la degradación del rendimiento del vehículo. Los avances tecnológicos de las baterías han mejorado, principalmente en aspectos tales como, eficiencia, razón de carga, ciclo de vida, entorno operativo, seguridad, costo y reciclaje (Alvarado, 2009).

Haciendo énfasis en los requerimientos que una batería debe tener se menciona, que una batería debe aspirar a los siguientes: un alta densidad de energía, esto significa para obtener una buena autonomía, alta potencia, es decir, se desea conseguir una buena aceleración y una buena respuesta en terreno accidentado, vida larga, significa bajos costos de mantenimiento del vehículo, además de lo antes ya mencionado como simplicidad y pequeño tamaño, materiales baratos, bajas pérdidas, recarga rápida, buenas cargas de funcionamiento a baja y alta temperatura, pequeño sobrecalentamiento, alto nivel de seguridad en su manejo y resistencia a golpes.

Y pues la clave del éxito de los vehículos eléctricos son los sistemas de baterías recargables, ya que el tipo de baterías determina unos puntos clave como son: la velocidad máxima, tiempo de recargas y duración de baterías (Cruz, 2016).

Y con los más recientes avances se emplean Ion-Litio (Io-Li), pero estas baterías necesitan de cobalto que es un material caro y térmicamente inestable, y una alternativa para reemplazar al cobalto es sustituirlo por manganeso, debido a que los electrodos de óxido de manganeso son más estables y su costo es mucho más económico (Alvarado, 2009).

Electrónica de potencia.

Los circuitos electrónicos de potencia utilizando dispositivos semiconductores como interruptores, para controlar o modificar una tensión o una corriente. La electrónica de potencia incluye aplicaciones en la que los circuitos procesan mili vatios hasta megavatios, y las aplicaciones típicas de la electrónica de potencia son, entre otras, la conversión de corriente alterna en corriente continua, la conversión de corriente continua en alterna, la conversión de una tensión continua no regulada en una tensión continua regulada y la conversión de una alimentación alterna de determinada amplitud y frecuencia en otra amplitud y frecuencia distintas (Hart, 2001).

Objetivo

Analizar la factibilidad, parámetros, y componentes para recargar un vehículo eléctrico utilizando energía eólica en la ciudad de Quito.

Justificación

Algunos autores como Ahmed Yousuf Saber (2011) afirma que, las reservas mundiales de combustibles fósiles se están agotando, esto se ve reflejado en el ámbito económico, ambiental industrial y social, es entonces que, el uso de energías renovables se vuelve un punto atractivo para poder reemplazar a dichos combustibles.

Además, Ahmed Yousuf Saber (2011) asegura que, el uso de energías renovables ayudaría a la reducción de la contaminación en el mundo, debido a que los automóviles son fuente de producción de gases como: CO₂, CO, NOX, SO₂, HC (hidrocarburos no quemados), los mismos que contaminan a la atmósfera.

También Ahmed Yousuf Saber (2011) asevera que, los investigadores están trabajando para generar más energía a partir de recursos que pueden ser rentables y no contribuir al cambio climático o tener impactos ambientales adversos, los mismos que puedan afectar aún más al daño del planeta.

Para, de ésta manera, poder incluir nuevas formas de generación eléctrica y con ello, a su vez cargar vehículos eléctricos, es decir cargar los bancos de baterías mediante otra forma de energía.

Además, varios autores como Melhem, Moubayed, & Grunder (2016) afirma que, se debe agregar baterías como sistema de almacenamiento debido al doble proceso que estas presentan, los mismos que son, el proceso de carga y descarga. Por lo tanto, si la potencia total de producción es superior a la demanda de energía, las baterías son capaces de cargar, es decir que puede alimentar de energía en la fase de descarga.

El presente proyecto quiere enfocarse en el aprovechamiento del viento como fuente de energía con su respectiva conversión, para cargar un vehículo eléctrico KIA SOUL EV, utilizando un generador eólico aproximadamente de 3000 W, y que almacene la energía generada, de manera que la energía producida sea aprovechada para cargar el vehículo, y este a su vez pueda suplir el uso diario de un usuario en la ciudad de Quito.

Método

Autos eléctricos en Ecuador

Para el presente proyecto se requiere conocer si el viento es lo suficientemente fuerte en la Mitad del Mundo, para poner en funcionamiento un aerogenerador. El sistema completo de generación de energía eléctrica y almacenamiento debe cargar un vehículo eléctrico, para este caso se toma como referencia un KIA SOUL EV, como se observa en la Figura 6, debido a que dicho vehículo presenta mayor información disponible y abierta al público, el vehículo posee las siguientes características técnicas:

Tabla 1

Características Técnicas del vehículo eléctrico KIA SOUL EV.

Motor, Prestaciones, Consumo y Baterías	
Motor eléctrico	Motor eléctrico síncrono de imán permanente
Potencia máxima	109 CV
Potencia máxima	81.4 kW/rpm
Par máximo	285 Nm/rpm
Velocidad máxima	145 km/h
Aceleración de 0-100 km/h	11.2 s
Autonomía	212 km
Tipo de batería	Polímero de litio
Capacidad de batería	27 kWh
Extraíble	No
Tipo de cargador	Cargador interno 6.6 kW / Cargador rápido CHAdeMO opcional
Número de celdas	192
Tipo de carga / 100%	5 horas carga lenta 6,6 kW
Tipo de carga / 80%	30 min carga rápida 50 kW

Nota. Fuente: (Electromaps, 2016)

Para mayor información relacionada con el KIA SOUL EV, revisar el Anexo C.

En el Ecuador ingresaron siete vehículos totalmente eléctricos, de acuerdo a la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), sin embargo solo dos de ellos empezaron a comercializarse, siendo estos, el Renault Twizy, y el KIA SOUL EV, el mismo que se comercializó desde febrero 2016, mientras que los cinco restantes todavía están en etapa de pruebas, además que, no existen electrolinerías donde recargar estos vehículos, y los consumidores piensan que los autos de combustión son mejores que los eléctricos. Las marcas que están en este proceso son: Nissan, BYD, Toyota, Green Wheel, Renault Kangoo EV.

Borja (2016) redacta que, Ramiro Cornejo, subgerente de la empresa KIA Motors en Ecuador afirma lo siguiente, un usuario en la ciudad de Quito recorre en vehículo aproximadamente 40 kilómetros diarios, también asegura que el vehículo tendría una autonomía de aproximadamente 5 días. Por otra parte, Ramiro Cornejo asegura que, con 1,50 dólares de gasolina un vehículo de 1600 centímetros cúbicos recorre alrededor de 40 kilómetros, con los mismos 1,50 dólares de electricidad los dueños del KIA SOUL EV pueden recorrer alrededor de 100 kilómetros.



Figura 6. Vehículo eléctrico KIA SOUL EV. Fuente: (Electromaps, 2016)

Tipos de carga

Analizando los diferentes sistemas de recarga existen tres tipos, para determinar los tipos de carga que existen se considera la recarga con la velocidad, es decir, el tiempo que se demora en recargar las baterías de un vehículo eléctrico. Entonces sabiendo esto, se puede determinar que se tienen los siguientes tipos de recarga:

- Recarga convencional, aplica niveles de potencia que implican una carga con una duración de unas 8 horas aproximadamente. La carga convencional monofásica emplea la intensidad y voltaje eléctricos del mismo nivel que la propia vivienda, es decir, 16 amperios y 120 voltios. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es desde 1 – 1,5 kW. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje de una vivienda unifamiliar o garaje comunitario (Endesa, 2013).
- Recarga semi-rápida, emplea 32 amperios de intensidad y 240 VAC de voltaje eléctrico. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de 3,3 – 19,5 kW. Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda entre 4 a 6 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje de una vivienda unifamiliar o garaje comunitario (Endesa, 2013).
- Recarga rápida, supone que en 30 minutos se puede cargar el 80% de la batería, ya que emplea 200 amperios, también utiliza una mayor intensidad eléctrica y, además, entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida del orden de 50 – 120 kW. Esta solución es la que, desde el punto de vista del cliente, se asemeja a sus hábitos actuales de repostaje con un vehículo de combustión (Endesa, 2013).

El KIA SOUL EV, posee dos tipos de recarga que son; la recarga semi-rápida y la recarga rápida, con lo que el vehículo se lo puede recargar en un enchufe tranquilamente en una casa u oficina, ya que el vehículo posee un enchufe, el mismo que posee un sistema de protección para que no afecte al auto si existe algún inconveniente, como un cortocircuito, mientras que la recarga rápida solo se la podría realizar en electrolineras, debido a que la potencia que se requiere es muy alta, y este tipo de carga se lo realiza con un cable específico para esta recarga llamado CHAdeMo (Electromaps, 2016).

La carga lenta hace uso de la EV (Electric Vehicle o Auto Eléctrico) o PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle o Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable), cargador a bordo, que es el tamaño basado en el voltaje de entrada de la red. Por ejemplo, un servicio de 120V, 15A (80%) suministraría un cargador de 1,4 kW, mientras que un servicio de 240V, 32A suministraría un cargador de 6,6 kW.

¿Cómo se traduce esto en la recarga de la batería del vehículo? Un PHEV con un paquete de batería de 5 kWh, por ejemplo, tendría un cargador de 1,4 kW a bordo, que permite la recarga completa en el orden de cinco horas. Un EV con una batería de 40 kWh podría tener un cargador de 6,6 kW, lo que permite una recarga completa del orden de seis a ocho horas, dependiendo de las consideraciones térmicas y los algoritmos de carga para la química de la batería (Botsford & Szczepanek, 2009).

Algunos autores como Botsford & Szczepanek (2009) afirman que, la carga rápida podría definirse como cualquier otro esquema que no sea la carga lenta. Por otro lado la Junta de Recursos del Aire de California (ARB), en su programa de mandato de Zero Emissions Vehicle (ZEV), enumera un requisito de certificación para la carga rápida como una carga de diez minutos que permite que el vehículo viaje 100 millas que son 160 km.

Tipos de conectores para recargar vehículos eléctricos

Los tipos de conectores vienen dado de acuerdo al vehículo que se disponga, ya que los vehículos son diseñados de acuerdo al voltaje y corriente que va a soportar y dependiendo de eso se utiliza los conectores, sabiendo esto existen cinco tipos de conectores, las mismas que son:

Tabla 2

Tipos de conectores de vehículos eléctricos.

Conectores	# de pines	Tensión Máxima	Corriente Máxima	Normativas
Tipo 1	5	250 V C.A.	32 A	SAE J1772
Tipo 2	7	500 V C.A trifásica	64 A	IEC 62196-2
Tipo 3	7	500 V C.A	32 A	IEC 62196-1
Tipo 4	9	500 V C.C	32 A	IEC 62196-23

Nota. Fuente: (Enel, 2014)

A continuación, se presentan las imágenes de los diferentes tipos de conectores que se presentan en la Tabla 3.



Figura 7. Conector Yazaki, conocido como conector tipo 1. Fuente: (Iriarte, 2012)



Figura 8. Conector Mennekes, conocido también como conector tipo 2. Fuente: (Iriarte, 2012)



Figura 9. Conector Scame, conocido también como conector tipo 3. Fuente: (Iriarte, 2012)

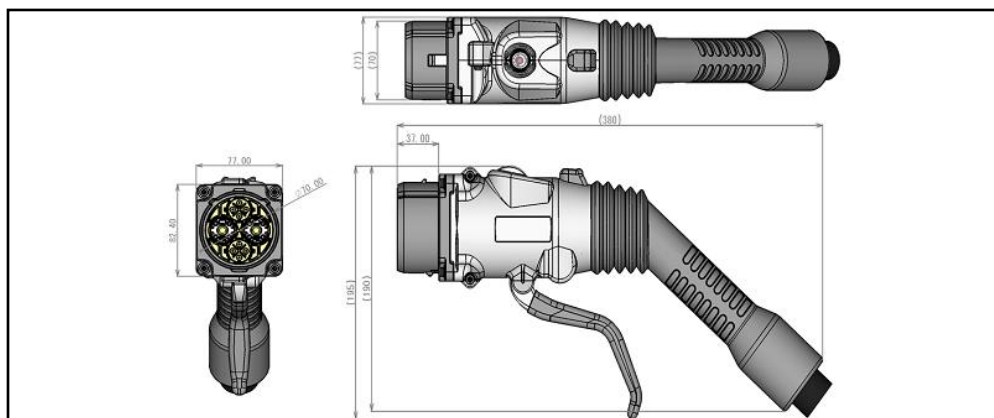


Figura 10. Conector CHAdeMo, conocido también como conector tipo 4. Fuente: (Iriarte, 2012)

El conector CHAdeMo como se observa en la Figura 10, se utiliza para una carga ultra rápida, las siglas de este que son CHAdeMo viene de la frase japonesa “ocha demo ikaga desu ka”, que quiere decir: “¿qué tal si nos tomamos un té?”, haciendo referencia a los escasos minutos que se necesitan para recargar el auto, el tiempo que demora en tomar una taza de té, este tipo de conectores se los utiliza más en electrolíneas debido a que utiliza corriente continua para la recarga (Iriarte, 2012).

Conociendo estos tipos de conectores se puede determinar qué tipo utiliza el vehículo KIA SOUL EV, que en este caso sería un conector Tipo 1, como se puede observar en la Figura 7, en donde se observan las características que se utilizan para recargar a dicho vehículo.

Aerogenerador

La energía que se puede captar del viento es proporcional al cubo de su velocidad, esto es, cuando la velocidad del viento se duplica, la potencia que se puede producir con un aerogenerador es hasta ocho veces superior, por lo que el aerogenerador se lo debe de colocar en un lugar adecuado para poder aprovechar al máximo la potencia que este puede producir.

Es por ello que, el aerogenerador se debe instalar en un lugar donde la velocidad del viento sea constante, y sea la mayor. Siendo la más importante la constante de velocidad. La velocidad del viento depende en gran medida del terreno sobre el que se mueve el aire; la vegetación, tipo de terreno, construcciones cercanas, etc., frenan al viento y producen turbulencia, por lo que un lugar idóneo es una zona libre de obstáculos y lo más alto posible, como se indica en la Figura 11, de esta manera se evitará reducir el rendimiento del aerogenerador. (Bornay, 1970)

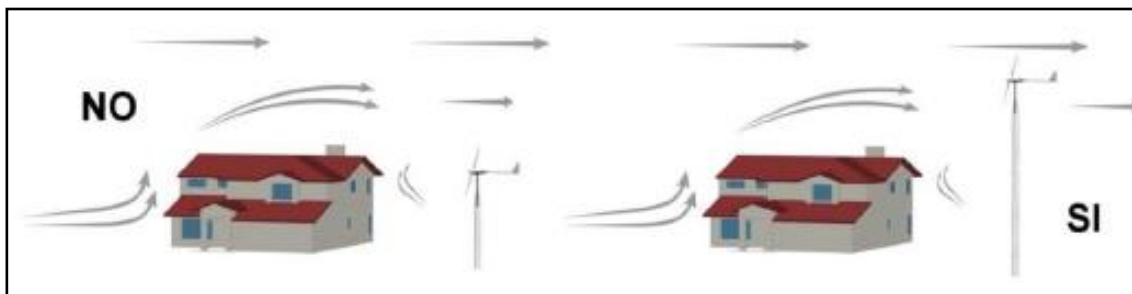


Figura 11. Influencia de los obstáculos en el aerogenerador. Fuente: (Bornay, 1970)

Datos del viento en el sector Mitad del Mundo de la ciudad de Quito.

A continuación se muestra la Tabla 3, la misma que indica los valores de la velocidad del viento en el sector Mitad del Mundo de la ciudad de Quito.

Tabla 3

Velocidad del viento por mes durante un año en el sector Mitad del Mundo de la ciudad de Quito.

Mes	Velocidad mínima (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Velocidad promedio (km/h)
oct-15	7	30	17,5
nov-15	9	22	14,3
dic-15	9	27	17,5
ene-16	7	18	13,1
feb-16	7	23	12,3
mar-16	6	16	11,6
abr-16	6	17	10,2
may-16	10	31	17,3
jun-16	10	31	19,4
jul-16	14	33	21,5
ago-16	15	38	26,7
sep-16	8	25	14,4
oct-16	12	21	15,3
Velocidad anual promedio			16,3

Nota. Fuente: (INAMHI, 2015)

INAMHI (2015) afirma que, los valores anteriores se los obtuvo mediante el modelo matemático de Weibull, o también conocido como la ecuación de Weibull, la misma que permite calcular la probabilidad que existan velocidades de viento superiores o menores a una velocidad determinada. Cada una de las ecuaciones necesita conocer previamente los parámetros de Weibull. Además de las estaciones que se tienen en todo el Ecuador, que se van actualizando cada hora, por lo cual, estos datos son confiables para realizar los cálculos deseados, teniendo en cuenta que estos valores fueron medidos a una altura de 15 m de altura.

Cálculos del Aerogenerador

Para realizar el análisis, se requiere tener en consideración ciertos aspectos fundamentales como:

- La potencia del aerogenerador.
- La autonomía del vehículo.
- La potencia que necesita el vehículo para cargarse al 100%.
- El tiempo que el vehículo tarda en cargar el 100% de su capacidad.
- La distancia aproximada en kilómetros que recorre un usuario en auto en la ciudad de Quito.
- El tiempo de autonomía de las baterías.
- La capacidad de carga de las baterías.
- La potencia del inversor.
- La velocidad del viento.

Figueredo (2015) afirma que, teniendo en cuenta todos estos valores se procede a deducir las siguientes ecuaciones las mismas que van a determinar si el proyecto es factible o no. La primera ecuación que se obtiene con respecto a la potencia del aerogenerador es la siguiente:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \times \rho_{aire} \times v^3 \quad (1)$$

en dónde:

$\frac{P}{A}$, densidad de potencia $\left[\frac{W}{m^2}\right]$,

ρ_{aire} , densidad del aire en la ciudad de Quito $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$,

v^3 , velocidad del viento $\left[\frac{m}{s}\right]$.

Además Figueredo (2015) asegura que, se debe considerar la energía anual producida por el aerogenerador, y de ésta manera se puede considerar la energía que produce diariamente, por lo que se obtiene la siguiente ecuación:

$$EAP = \frac{P}{A} \times A_1 \times \eta \quad (2)$$

en dónde:

EAP , energía anual producida $\left[\frac{KWh}{año}\right]$,

A_1 , área de barrido del rotor $[m^2]$,

η , rendimiento [%].

Para encontrar A_1 , se utiliza la siguiente ecuación,

$$A_1 = \pi \times r^2 \quad (3)$$

en dónde:

A_1 , área de barrido del rotor [m^2],

π , valor de pi 3.1416,

r , radio del rotor [m].

También añade Figueredo (2015) que, se debe considerar la potencia que se va a consumir, la misma que sería la del vehículo, también se debe de utilizar un valor que sirva de amortiguador, que es el valor que va a proteger al inversor en subidas de tensión, con lo cual se debe de observar el Factor de Potencia del inversor a utilizar, entonces se tiene la siguiente ecuación:

$$K = P_{vehículo} \times Z \quad (4)$$

en dónde:

K , potencia del inversor que se debe de utilizar sin tomar en cuenta el Factor de Potencia [kW],

$P_{vehículo}$, potencia a la que se recarga el vehículo [kW],

Z , valor para proteger al inversor en subida de tensión, se debe de utilizar un valor de 1,25, este valor sirve para evitar cortocircuitos, exceso de temperaturas, y tensiones fuera de la nominal, este valor debe ser superior al Factor de Potencia del inversor, en este caso se debe revisar el Anexo B, el ítem Factor de Potencia en potencia nominal. (Cruz, 2016)

Figueredo (2015) asegura también que, en la Ecuación (4), el valor que se calcule se lo debe de subir al 100 más cercano, para determinar de mejor manera, si la potencia del inversor es la adecuada, y con ello continuar con la Ecuación (5).

Sin embargo, el valor encontrado con dicha ecuación no es el correcto, ya que como se mencionó anteriormente se debe de utilizar el Factor de Potencia del inversor que se va a ocupar, donde aparece una nueva ecuación, la misma que, determinará la potencia del inversor.

$$K_T = K \times FP \quad (5)$$

en dónde:

K_T , potencia real del inversor a utilizar [kW],

FP , factor de potencia del inversor,

K , potencia del inversor que se debe de utilizar sin tomar en cuenta el Factor de Potencia [kW].

La siguiente ecuación que se obtiene es con respecto a la autonomía y a la distancia que recorre un usuario en la ciudad de Quito, siendo:

$$x = \frac{a}{d} \quad (6)$$

en dónde:

x , tiempo de duración de la autonomía del vehículo [$días$],

a , autonomía del vehículo [km],

d , distancia recorrida [km].

Adicionalmente, se debe considerar que, la velocidad del viento se encuentra en km/h , por lo que se requiere convertirlo en m/s , para verificar, sí con las velocidades del aerogenerador, el funcionamiento es el adecuado, entonces se utiliza el siguiente factor de conversión (fc), siendo este valor igual a 0,28.

Dicho factor de conversión (fc), se lo aplica en la Tabla 3, para transformar de km/h a m/s, entonces las velocidades que se tienen se las multiplica por dicho factor de conversión, y así permitir que todas las ecuaciones queden en las mismas unidades. A continuación se presenta la Tabla 4,

Tabla 4.

Velocidad del viento en el sector Mitad del Mundo de la ciudad de Quito en (m/s).

Mes	Velocidad mínima (m/s)	Velocidad máxima (m/s)	Velocidad por modelo matemático de Weibull (m/s)
oct-15	1,94	8,33	4,86
nov-15	2,50	6,11	3,97
dic-15	2,50	7,50	4,86
ene-16	1,94	5,00	3,62
feb-16	1,94	6,39	3,42
mar-16	1,67	4,44	3,22
abr-16	1,67	4,72	2,83
may-16	2,78	8,61	4,81
jun-16	2,78	8,61	5,39
jul-16	3,89	9,17	5,97
ago-16	4,17	10,56	7,42
sep-16	2,22	6,94	4,00
oct-16	3,33	5,83	4,25
Velocidad anual promedio			4,51

Nota. Fuente: (INAMHI, 2015)

Autores como SLU (2015) justifica que, para conocer las baterías que se necesitan para el almacenaje de la energía producida por el aerogenerador se tiene la siguiente ecuación:

$$C = U \times t \quad (7)$$

en dónde:

C , capacidad de las baterías [Ah],

U , amperios que necesita el vehículo para su recarga [A],

t , tiempo que el aerogenerador va a funcionar [h].

Para determinar cuántos watts-hora tiene una batería, Torres (2010) asegura que, se debe conocer el voltaje y el amperaje que tienen las baterías que se calcularon en el paso anterior, donde se obtiene la siguiente ecuación:

$$\varphi = V \times C \quad (8)$$

en dónde:

φ , watts-hora de las baterías [Wh],

V , voltaje de las baterías [V],

C , capacidad de las baterías [Ah].

Adicionalmente Torres (2010) afirma que, para calcular o conocer el número de baterías que el sistema va a necesitar, es preciso, conocer cuantos días aproximadamente no se va a disponer de viento, y tener en cuenta las especificaciones de las baterías a utilizar, siendo estas: el rendimiento y el porcentaje de descarga. Las baterías no deben descargarse más allá del 50% de su capacidad, para así alargar su vida útil, por lo que, se tiene lo siguiente:

$$T = \frac{m \times E_{diaria}}{s \times \beta} \quad (9)$$

en dónde:

T , número total de watts-hora de batería necesarios,

m , días de autonomía, es decir, sin que haya viento,

E_{diaria} , energía producida por el aerogenerador $\left[\frac{KWh}{día}\right]$,

β , profundidad de descarga de la batería [%],

s , rendimiento de la batería [%].

Conociendo este valor, se procede a calcular el número de baterías que el sistema va a necesitar, con lo cual, se obtiene la siguiente ecuación:

$$\#baterías = \frac{T}{\varphi} \quad (10)$$

en dónde:

T , número total de watts-hora de batería necesarios [Wh],

φ , watts-hora de las baterías [Wh].

Para la evaluación de los cálculos en cuanto al inversor, se conoce que, el vehículo KIA SOUL EV utiliza 6600 W, para su consumo, entonces se manejan dos opciones de inversores, que son: de 7000 W y otro de 9000 W.

Resultados

Para aplicar las ecuaciones, es necesario establecer un valor para la densidad del aire, el mismo que el Instituto de Meteorología e Hidrología (INAMHI), asegura que es: 0,892 (kg/m³), para la ciudad de Quito.

Se procede a encontrar la densidad de potencia del área de barrido del rotor del aerogenerador, por lo que es necesario conocer los valores de la densidad del aire, y la velocidad del viento, este último valor se toma de la Tabla 4, en el ítem de velocidad anual promedio, entonces estos valores deben ser reemplazados en la Ecuación (1), como se observa a continuación,

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \times \rho_{aire} \times v^3$$

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \times 0,892 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] \times 4,5 [m]^3$$

$$\frac{P}{A} = 40,64 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Se analizan dos opciones de aerogeneradores, para determinar, que aerogenerador posee mejores características, para su implementación en el presente proyecto. Las dos opciones que el mercado posee son: aerogenerador Bornay 3000, y el aerogenerador AEOLOS 3000, a continuación se indican tablas con sus respectivas características:

Tabla 5

Características técnicas del aerogenerador Bornay 3000.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Número de hélices	2
Diámetro	4 metros
Material	Fibra de vidrio/carbono
Dirección de rotación	Anti-horaria
ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS	
Alternador	Trifásico de imanes permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia nominal	3000 W
Voltaje	48V
RPM	500
Regulador	120 V Conexión a red
VELOCIDAD DEL VIENTO	
Para arranque	4 m/s
Para potencia nominal	12 m/s
Para frenado automático	14 m/s
Máxima	60 m/s

Nota. Fuente: (Bornay, 1970)



Figura 12. Aerogenerador Bornay 3000. Fuente: (Bornay, 1970)

Y para la segunda opción se tiene el siguiente aerogenerador,

Tabla 6

Características Técnicas y Eléctricas del Aerogenerador AEOLOS 3kW.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Número de hélices	3
Diámetro	4,8 metros
Material	Fibra de vidrio
Dirección de rotación	Anti-horaria
ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS	
Alternador	Trifásico de imanes permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia nominal	3000 W
Potencia máxima de salida	4000 W
Voltaje	120/220 V
VELOCIDAD DEL VIENTO	
Para arranque	2,5 m/s
Para potencia nominal	12 m/s
Para frenado automático	14 m/s
Máxima	45 m/s

Nota. Fuente: (Aeolos, 1986)

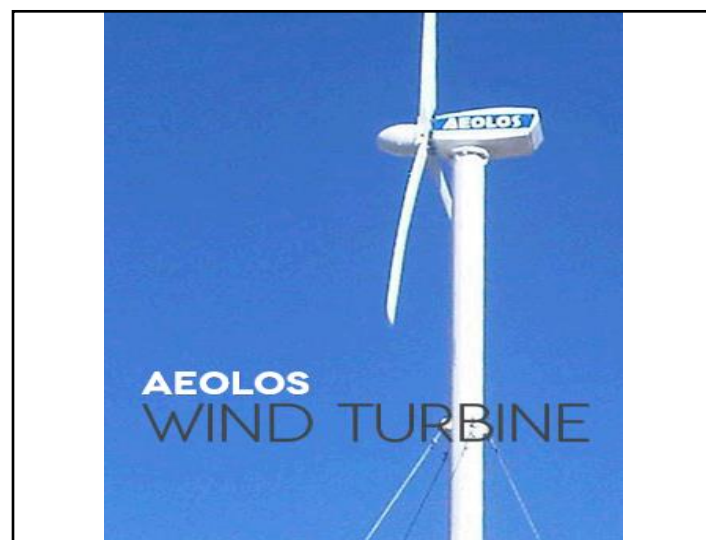


Figura 13. Aerogenerador AEOLOS 3kW. Fuente: (Aeolos, 1986)

Para mayor información sobre el aerogenerador, revisar el Anexo D.

Cálculo para el Aerogenerador Bornay 3000

Para conocer la energía anual producida por el aerogenerador (EAP), es necesario calcular el área de barrido del rotor A_1 , como se determinó en la Ecuación (3), por lo que se reemplaza el valor de D , el mismo que se observa en la Tabla 5, en el ítem diámetro, y se tiene lo siguiente:

$$A_1 = \pi \times r^2$$

$$A_1 = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$A_1 = \pi \times \left(\frac{4}{2}\right)^2$$

$$A_1 = 12,57 [m^2]$$

A continuación, para determinar la energía anual producida (EAP), se necesita conocer el valor de η , el mismo que se puede observar en la tabla siguiente:

Tabla 7

Valores de η de acuerdo a la velocidad del aerogenerador.

Velocidad (m/s)	%	η
4-5	30	0,3
6-7	25	0,2
8-10	16	0,16

Nota. Fuente: (Figueredo, 2015)

Conocido este valor, y como se indica en la Tabla 4, en el ítem de velocidad anual promedio, el valor a utilizar es 0,3; luego se procede a utilizar la Ecuación (2), sin embargo, dicho resultado se lo debe multiplicar por un factor de conversión (fc_1), que es igual a 8,76; para que quede en las unidades correspondientes de $\left[\frac{kWh}{año}\right]$,

$$EAP = \frac{P}{A} \times A_1 \times \eta \times 8,76$$

$$EAP = 40,64 \left[\frac{W}{m^2} \right] \times 12,57[m^2] \times 0,3 \times 8,76$$

$$EAP = 1342,5 \left[\frac{kWh}{año} \right]$$

Para determinar la energía diaria aproximada (E_{diaria}), que va a producir el aerogenerador, se utiliza la nueva ecuación que aparece a continuación, la energía es aproximada debido a que la velocidad del viento no va a ser constante (Díez, 1993). Entonces se tiene que,

$$E_{diaria} = EAP \times \left(\frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} \right) \quad (11)$$

$$E_{diaria} = 1342,5 \left[\frac{kWh}{año} \right] \times \left(\frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} \right)$$

$$E_{diaria} = 3,67 \left[\frac{kWh}{día} \right]$$

Cálculo para el Aerogenerador AEOLOS 3000

De igual manera como se realizó en el aerogenerador anterior, se procede a realizar los cálculos de la misma forma, pero utilizando los valores del aerogenerador AEOLOS 3000, entonces, es necesario conocer el área de barrido del rotor A_1 , por lo tanto, se utiliza la Ecuación (3), y se reemplaza el valor D , el mismo que se encuentra en la Tabla 6, en el ítem diámetro, y se tiene lo siguiente:

$$A_1 = \pi \times R^2$$

$$A_1 = \pi \times \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

$$A_1 = \pi \times \left(\frac{4,8}{2} \right)^2$$

$$A_1 = 18,1 [m^2]$$

A continuación, para determinar la energía anual producida (EAP), se necesita conocer el valor η , mismo que se encuentra en la Tabla 7, conocido este valor, y como se indica en la Tabla 4, en el ítem de velocidad anual promedio, el valor a utilizar es 0,3; luego se procede a utilizar la Ecuación (2), sin embargo, dicho resultado se lo debe multiplicar por un factor de conversión (fc_1), que es igual a 8,76; para que quede en las unidades correspondientes de $\left[\frac{kWh}{año}\right]$,

$$EAP = \frac{P}{A} \times A_1 \times \eta \times 8,76$$

$$EAP = 40,64 \left[\frac{W}{m^2}\right] \times 18,1[m^2] \times 0,3 \times 8,76$$

$$EAP = 1932,6 \left[\frac{kWh}{año}\right]$$

Para determinar la energía diaria aproximada (E_{diaria}), que va a producir el aerogenerador AEOLOS 3000, se utiliza la Ecuación (12), la energía es aproximada debido a que la velocidad del viento no va a ser constante (Díez, 1993). Entonces se tiene que,

$$E_{diaria} = EAP \times \left(\frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}}\right)$$

$$E_{diaria} = 1932,6 \left[\frac{kWh}{año}\right] \times \left(\frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}}\right)$$

$$E_{diaria} = 5,3 \left[\frac{kWh}{año}\right]$$

Cálculo del inversor a utilizar

En este paso, se analizan dos tipos de inversores, uno de 7000 W y otro de 9000 W, como se muestra en las tablas de abajo.

Tabla 8

Inversor SMA Sunny Boy 7000 W.

Entrada (CC)	
Potencia máx. de CC	7400 W
Tensión máx. de CC	600 V
Voltaje nominal de CC	310 V
Corriente máx. de entrada	30 A
Salida (CA)	
Potencia máx. de CA	7000 W
Corriente máx. de salida	34 A
Tensión nominal CA	208 V- 240 V
Frecuencia de red de CA	60 Hz
Factor de potencia	1
Rendimiento	
Rendimiento máximo	97%
Rendimiento europeo	95,50%

Nota. Fuente: (Garces, 2011)*Figura 14.* Inversor SMA Sunny Boy 7000 W. Fuente: (Garces, 2011)

A continuación se presenta la información del inversor de 9000 W,

Tabla 9

Inversor Sunny Boy 9000 W.

Entrada (CC)	
Potencia máx. de CC	9300 W
Tensión máx. de CC	600 V
Corriente máx. de entrada a 208V	31 A
Salida (CA)	
Potencia máx. de CA	9000 W
Corriente máx. de salida a 208V	49 A
Tensión nominal CA	208 V- 240 V
Frecuencia de red de CA	60 Hz
Factor de potencia	1
Rendimiento	
Rendimiento máximo	98%
Rendimiento europeo	97,60%

Nota. Fuente: (Garces, 2011)*Figura 15.* Inversor SMA Sunny Boy 9000TL-US. Fuente: (Garces, 2011)

Para mayor información revisar el Anexo B.

Para este proyecto, la potencia del inversor debe, por lo menos ser igual a la potencia de recarga del vehículo, en este caso 6600 W, entonces se utiliza la Ecuación (4), y se reemplaza los valores, como se indica a continuación:

$$K = P_{vehículo} \times Z$$

$$K = 6,6 [kW] \times 1,25$$

$$K = 8,25 [kW]$$

No obstante, este valor K se lo debe subir al 100 más cercano, por cuestiones de cálculos, y se debe utilizar el Factor de Potencia del inversor, mismo valor que se encuentra en las Tablas 8 y 9, en el ítem, factor de potencia, luego reemplazando dichos valores en la Ecuación (5), se tiene que,

$$K_T = K \times FP$$

$$K_T = 8,3 [kW] \times 1$$

$$K_T = 8,3 [kW]$$

Cálculo de autonomía del vehículo KIA SOUL EV

Para conocer la autonomía, en días, que posee un vehículo eléctrico, es necesario conocer, la distancia que recorre un usuario, en este caso, en la ciudad de Quito, y la autonomía que el vehículo presenta, esto se puede observar en la Tabla 1, en el ítem autonomía, entonces, por medio de la Ecuación (6), reemplazando los valores se tiene lo siguiente:

$$x = \frac{a}{d}$$

$$x = \frac{212 (km)}{40 (km)}$$

$$x = 5 \text{ días}$$

Cálculo de las baterías

Debido a que, el vehículo KIA SOUL EV necesita una recarga convencional, la misma que utiliza 16 A, se procede a calcular la capacidad de las baterías que deben utilizarse en el proyecto, para esto INHAMI asegura que, existe viento durante 12 horas, entonces, se reemplaza los valores en la Ecuación (8), como se indica a continuación:

$$C = U \times t$$

$$C = 16 [A] \times 12 [h]$$

$$C = 192 [Ah]$$

Aparece un pequeño inconveniente en esta parte, puesto que, durante las 12 horas que va a funcionar el aerogenerador no se va a tener una velocidad constante, ya que, algunos autores como Castells & Alsina (2012) aseguran que, el viento se origina por las diferencias en la presión atmosférica, y esto se produce por las diferentes temperaturas en el aire, con lo cual durante el día se va a tener diferentes velocidades.

A continuación, es necesario conocer los watts-horas que las baterías poseen, para encontrar dicho valor, por cuestiones de cálculos y por existencia en el mercado se utiliza la capacidad de baterías de 200 Ah, ya que, como se observa en el cálculo anterior, dio un resultado de 192 Ah, por lo que, reemplazando los valores en la Ecuación (8), se tiene lo siguiente,

$$\varphi = V \times C$$

$$\varphi = 24 [V] \times 200 [Ah]$$

$$\varphi = 4800 [Wh]$$

Para conocer el número de baterías, que el presente proyecto va a necesitar, es preciso analizar el número de baterías que va a utilizar cada aerogenerador, entonces se procede a calcular por separado, el aerogenerador Bornay 3000 y el aerogenerador AEOLOS 3000, como se indica a continuación:

Cálculo del número de baterías para el aerogenerador Bornay 3000.

Debido a que, la Ecuación (10), misma que, ayuda a determinar el número de baterías que necesita cada aerogenerador, es necesario conocer, φ y T , además, como se mencionó anteriormente en la descripción de la Ecuación (9), las baterías no deben descargarse más allá del 50% de su capacidad, por lo que se utiliza $\beta = 0,5$, y de acuerdo a, como se indica en la Tabla 10, en el ítem; rendimiento de la batería, que es del 80% por lo que, $s = 0,8$; y reemplazando los valores en la Ecuación (9) se tiene lo siguiente,

$$T = \frac{m \times E_{diaria}}{s \times \beta}$$

$$T = \frac{2 \text{ días} \times 3,67 \left[\frac{kWh}{\text{día}} \right]}{0,8 \times 0,5}$$

$$T = 18,35 [kWh]$$

Luego de conocidos estos valores tanto φ , como T , se procede a utilizar la Ecuación (10), y reemplazando los valores, se obtiene lo siguiente,

$$\#baterías = \frac{T}{\varphi}$$

$$\#baterías = \frac{18,35 [kWh]}{4,8 [kWh]}$$

$$\#baterías = 3,82$$

Cálculo del número de baterías para el aerogenerador AEOLOS 3000.

De la misma manera que en el aerogenerador Bornay 3000, se debe realizar el mismo procedimiento, por lo que, es necesario conocer los valores de φ y T , pero del aerogenerador AEOLOS 3000, y como se mencionó anteriormente en la descripción de la Ecuación (9), las baterías no deben descargarse más allá del 50% de su capacidad, por lo que se utiliza $\beta = 0,5$, y como se indica en la Tabla (10), en el ítem de rendimiento, $s = 0,8$; por lo tanto para encontrar el valor de T , se reemplaza los valores en la Ecuación (9), y se tiene lo siguiente,

$$T = \frac{m \times E_{diaria}}{s \times \beta}$$

$$T = \frac{2 \text{ días} \times 5,3 \left[\frac{kWh}{\text{día}} \right]}{0,8 \times 0,5}$$

$$T = 26,5 [kWh]$$

Luego de conocidos estos valores tanto φ , como T , se procede a utilizar la Ecuación (10), y reemplazando los valores, se obtiene lo siguiente,

$$\#baterías = \frac{T}{\varphi}$$

$$\#baterías = \frac{26,5 [kWh]}{4,8 [kWh]}$$

$$\#baterías = 5,52$$

Tabla 10

Características técnicas de baterías.

Voltaje	12 V
Capacidad	200 Ah
Rendimiento	80%
Tipo	Gel descarga profunda
Mantenimiento	Libre mantenimiento
Peso	61 kg

Nota. Fuente: (Solar A. , 2011)



Figura 16. Batería de Gel ciclo profundo, 200Ah 12V. Fuente: (Solar A. , 2011)

Para mayor información revisar el Anexo E.

Discusión

El vehículo KIA SOUL EV, presenta características que para su recarga, requiere de 6600 W, para conseguir una carga del 100%, se requiere cargar alrededor de 8 horas como mínimo, por medio del método de recarga convencional, la misma que necesita de 16 A y 220 V, por lo que, para el presente proyecto se debe utilizar el conector Tipo 1, y el conector CHAdeMo queda descartado, ya que este último requiere de corriente continua.

En cuanto al aerogenerador, se analizaron dos aerogeneradores, los mismos que son: el aerogenerador Bornay 3000 y el aerogenerador AEOLOS 3000, ambos de la misma potencia debido a que el viento en la Mitad del Mundo de la ciudad de Quito es en promedio de 4,5 m/s, y cabe mencionar que lo importante además de la velocidad del viento es también el diámetro del rotor, puesto que como se observa en la Ecuación (2), es necesario conocer el área de barrido del rotor, entonces se determina que, si el diámetro del rotor es más grande, mayor será la energía producida por el aerogenerador, entonces, en comparación con los dos aerogeneradores analizados, se determina que el aerogenerador Bornay 3000, posee un área de barrido $A_1 = 12,57 [m^2]$, mientras que el aerogenerador AEOLOS 3000 posee un área de barrido $A_1 = 18,1 [m^2]$, por ende la energía anual promedio (EAP), va a ser mayor en este último teniendo un valor de $EAP = 1932,6 \left[\frac{kWh}{año} \right]$, y el aerogenerador Bornay 3000 posee un $EAP = 1342,5 \left[\frac{kWh}{año} \right]$, con respecto a este análisis se toma como mejor opción el aerogenerador AEOLOS 3000, en comparación al Bornay 3000, puesto que posee un área de barrido mayor, y mayor energía anual promedio, además, como se observa en las Tablas 5 y 6, en el ítem velocidad de arranque, dicha velocidad es menor, por lo que sería una ventaja cuando se tienen velocidades de viento bajas.

Como se analizó el inversor de corriente, por medio de la Ecuación (5), la potencia del inversor que se debe utilizar es de 8,3 kW, entonces, de esta manera el inversor SMA Sunny Boy

de 7 kW queda descartado, ya que su utilización no es factible para este diseño, y por ende se debe utilizar el inversor Sunny Boy de 9 kW.

En referencia a las baterías encontradas en el mercado, deben tener, como se indica en la Ecuación (8), por lo menos, una capacidad de 192 Ah, por lo que se encontró baterías de Gel de 200 Ah, 12 V, se utilizan estas baterías debido a que presentan mejores características con respecto a las baterías de plomo ácido, como son: su libre mantenimiento y no existen escapes de gases. A continuación se presenta la cotización del proyecto de un aerogenerador para recargar un vehículo KIA SOUL EV,

Tabla 11

Cotización para el proyecto de un aerogenerador para recargar un auto KIA SOUL EV

Cantidad	Ítem	Unidad	Total
1	Aerogenerador AEOLOS 3000	9.100	9.100
1	Inversor Sunny Boy 9000TL-US	5.850	5.850
12	Baterías UCG200 GEL 200Ah@10h 12V	520	6.240
1	Base tubular abatible	1.100	1.100
1	Gabinete eléctrico	200	200
12	Soporte para baterías	25	300
	SUBTOTAL		\$20.511
	IVA 12%		\$2.734,48
	TOTAL		\$23.257,48

Nota. Fuente: (Garces, 2011)

Además la autonomía del vehículo depende plenamente del recorrido del usuario y de la velocidad a la que éste maneje, sin embargo como se mencionó anteriormente, en la sección de Autos eléctricos en Ecuador, un usuario en la ciudad de Quito recorre alrededor de 40 Km diarios, y como es dentro de la ciudad, la velocidad es de 60 a 70 Km/h, por lo que, puede tranquilamente poseer una autonomía de 5 días, ya que el vehículo KIA SOUL EV presenta una autonomía de 212 Km, con carga completa.

Conclusiones

El presente proyecto de recargar un vehículo eléctrico por medio de un sistema de energía eólica en la ciudad de Quito, es viable, debido a que la energía producida por el aerogenerador abastece a la demanda que se tiene para recargar al vehículo KIA SOUL EV, siempre y cuando la velocidad del viento sea superior a 2,5 m/s, en promedio diario, ya que ésta es la velocidad de arranque del aerogenerador. Cabe mencionar que, se debe utilizar el aerogenerador AEOLOS 3000, un inversor Sunny Boy 9000TL-US y 12 baterías de 12 V y 200 Ah, para acumular la energía en las baterías, ya que tiene mejores características que el aerogenerador Bornay 3000.

El aerogenerador puede cargar al vehículo KIA SOUL EV, ya que el mismo posee una autonomía de 212 Km, con lo que puede recorrer 40 Km diarios, durante 5 días, a una velocidad moderada dentro del perímetro urbano que sería en un rango entre 50 a 70 km/h, ya que si se maneja a una velocidad mayor la autonomía disminuye.

El diseño del sistema de un aerogenerador es necesario que tener en cuenta, la velocidad del viento, que debe ser constante, y también en donde se ubique a dicho aerogenerador AEOLOS 3000, puesto que, tiene que estar en una zona donde haya una velocidad del viento mínima de 2,5 m/s; además del diámetro del rotor, o también conocido como el área de barrido, entre mayor sea dicha medida, mayor será la energía producida por éste.

El proyecto de implementar un aerogenerador en el sector de Mitad del Mundo de la ciudad de Quito, es viable, sin embargo el inconveniente es el precio puesto que es un costo muy elevado, como se indica en la Tabla 11, en el ítem de valor total, y además la velocidad del viento no siempre va a ser constante, como se observa en la Tabla 4, en el ítem de velocidades promedio.

Recomendaciones

Se recomienda la instalación del aerogenerador con los criterios técnicos mencionados en dicho proyecto, tales como: el lugar de instalación, el mismo que, debe ser, en un espacio abierto, sin que existan muchas edificaciones o árboles. También la altura, ya que, el rotor del aerogenerador debe quedar a una altura de 10 metros como mínimo, para aprovechar así el viento al máximo.

También se recomienda que para reducir el costo de implementación de dicho aerogenerador, es necesario que, el consumidor realice una recarga parcial del vehículo todos los días, y así se logra reducir el número de baterías.

Bibliografía

- Aeolos. (1986). *AEOLOS Wind Turbine*. Obtenido de <http://www.windturbinestar.com/>
- Ahmed Yousuf Saber, G. K. (2011). Plug-in Vehicles and Renewable Energy Sources for Cost and Emission Reduction. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 1229-1238.
- Alvarado, G. I. (Diciembre de 2009). *Universidad Tecnológica de la Mixteca*.
- America, S. S. (2012). *Solar Technology America*. Obtenido de <http://files.sma.de/dl/10707/SB6-11TLUS-BA-spa-BUS121211.pdf>
- Araujo, A. (29 de Enero de 2016). Siete autos eléctricos buscan mercado en el Ecuador. *El Comercio*, pág. 1.
- Borja, D. (2016). Los autos eléctricos encienden motores. *Vistazo*, 5-10.
- Bornay, J. (1970). *Bornay*. Obtenido de <http://www.bornay.com/es/productos/aerogeneradores/aerogeneradores-bornay>
- Botsford, C., & Szczepanek, A. (2009). Fast Charging vs. Slow Charging: Pros and cons for the New Age of Electric Vehicles. *EVS24 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium*, 1-9.
- Braun, E. (2013). *La Ciencia para todos*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/electr.htm>
- Castells, J. E., & Alsina, S. B. (2012). *Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos, S.A.
- Clickrenovables. (3 de Marzo de 2015). *ClickRenovables.com*. Obtenido de <http://www.clickrenovables.com/blog/como-calculiar-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/>
- Costas, J. (7 de Mayo de 2010). *Motor Pasion*. Obtenido de <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos>
- Cruz, C. A. (16 de Septiembre de 2016). *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6639/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-86.pdf>
- Díez, P. F. (1993). *Energía Eólica*. Santander: Servicio Publicaciones E.T.S.I Industriales y T.
- Donoso, L. F. (23 de Noviembre de 2011). *Chile más energía*. Obtenido de <http://chilemasenergia.blogspot.com/2011/11/energia-eolica-en-chile.html>

- Electromaps. (2016). *Electromaps*. Obtenido de <http://www.electromaps.com/coches-electricos/kia/soul-ev>
- Endesa. (11 de Julio de 2013). *ENDESA ENERGÍA SA y ENDESA ENERGÍA XXI SL*. Obtenido de <http://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/preguntas-frecuentes/cuanto-cuesta>
- Enel. (2014). *EndesaEduca.com*. Obtenido de http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores
- Figueredo, C. M. (23 de Mayo de 2015). *Cubasolar*. Obtenido de Profesor Titular del Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), La Habana, Cuba.: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia54/HTML/articulo03.htm>
- Garces, R. (2011). *Proviento S.A*. Obtenido de <http://www.proviento.com.ec/>
- Gomez, A. (28 de Noviembre de 2012). *WordPress Academia*. Obtenido de <https://labandadelosmmanuelouskys.wordpress.com/2012/11/28/tipos-de-generadores-electricos/>
- Graham, R. (12 de Octubre de 2015). *Khan Academy*. Obtenido de <https://es.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/a/what-is-faradays-law>
- Guillermo León Martínez Arias, J. A. (2008). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1765/1/6213133M385.pdf>
- Hart, D. W. (2001). *Electrónica de Potencia*. Madrid: PEARSON EDUCACION S.A.
- INAMHI. (2015). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/modelos-hidrometeorologicos/#>
- Iriarte, D. (10 de Diciembre de 2012). *Foro Coches Eléctricos*. Obtenido de <http://forococheselectricos.com/2012/12/recarga-de-vehiculos-electricos-en.html>
- López, O. (7 de Mayo de 2017). *Mecánica Básica*. Obtenido de <http://mecanicabasicacr.com/electricidad/baterias-de-gel-para-automoviles.html>
- Mar, M. d. (17 de Octubre de 2016). *EspacioCiencia.com*. Obtenido de <http://espaciociencia.com/ley-de-faraday-induccion-electromagnetica/>
- Melhem, F. Y., Moubayed, N., & Grunder, O. (2016). Residential Energy Management in Smart Grid Considering Renewable Energy Sources and Vehicle-to-Grid Integration. *IEEE Electrical Power and Energy Conference*, 978-982.

MeteoBlue. (2006). *MeteoBlue*. Obtenido de <https://content.meteoblue.com/es/investigacion-y-desarrollo/procesos/verificacion>

Navales, A. P., & Martínez, E. T. (2008). *Energías renovables (Energía eólica)*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Pellicer, E. L. (1997). *Automóviles Eléctricos*. Zaragoza: INO, Reproducciones S.A.

Sanchez, P. (1962). *Foro Nuclear*. Obtenido de <http://www.foronuclear.org/es/el-experto-te-cuenta/121361-cuales-son-los-distintos-componentes-de-una-central-nuclear>

SLU, A. E. (19 de Abril de 2015). *Autosolar Energy Solutions SLU*. Obtenido de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/como-calcular-la-capacidad-de-las-baterias>

Solar, A. (2011). *AqUiTo SpA*. Obtenido de <http://www.aquitosolar.cl/baterias-energia-solar/552-UCG20012.html>

Solar, E. I. (11 de Julio de 2002). *Ekidom Energias Renovables*. Obtenido de <http://www.ekidom.com/historia-de-la-energia-eolica>

Tanaka, M. (5 de Febrero de 2010). *Sustentator*. Obtenido de <http://www.sustentator.com/blog-es/2010/02/como-funciona-un-generador-eolico/>

Torres, I. C. (22 de Noviembre de 2010). *Energicentro*. Obtenido de <http://energicentro.blogspot.com/2010/11/paneles-solares-calculo-de-una.html?m=1>

Villarrubia, M. (2004). *Energía Eólica*. Barcelona: Ediciones CEAC.

ANEXOS

Anexo A

Datos técnicos

Bornay 3000

Especificaciones técnicas

Número de hélices	2
Diámetro	4 mts.
Material	Fibra de vidrio / carbono
Dirección de rotación	Anti-horaria

Especificaciones eléctricas

Alternador	Trifásico de imanes permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia nominal	3000 W
Voltaje	24, 48, 120 v.
RPM	@ 500
Regulador	24v 150 Amp 48v 75 Amp 120v Conexión a red

Velocidad de viento

Para arranque	3,5 m/s
Para potencia nominal	12 m/s
Para frenado automático	14 m/s
Máxima	60 m/s

Especificaciones físicas

Peso aerogenerador	93 Kg
Peso regulador	14 Kgr
Embalaje	1200 x 800 x 800 mm. – 135 Kg
Dimensiones – peso	2200 x 400 x 150 mm – 19 Kg
Total	0.9m ³ – 154 Kgr.
Garantía	3 años

Anexo B

SMA America, LLC

11 Technical Data

Ambient Conditions

Ambient temperature range SB 8000TLUS-10	- 13 °F to +140 °F (- 25 °C to +60 °C)
Ambient temperature range SB 8000TLUS-12	- 40 °F to +140 °F (- 40 °C to +60 °C)

Mechanical Data

Width x height x depth (including DC Disconnect)	18 ³ / ₈ in. x 33 in. x 9 ⁷ / ₁₆ in. 467 mm x 838 mm x 241 mm
Weight of the inverter	77 lb (35 kg)
Weight of the DC Disconnect	8 lb (3.5 kg)
Noise emission	≤ 46 dB(A)

11.4 Sunny Boy 9000TL-US**PV Array Connection**

Maximum DC power	9,300 W
Maximum DC voltage	600 V
Minimum DC voltage at 208 V AC	300 V
Minimum DC voltage at 240 V AC	345 V
DC nominal voltage at 208 V AC	345 V
DC nominal voltage at 240 V AC	379 V
DC start voltage	360 V
MPP voltage range at 208 V AC	300 V to 480 V
MPP voltage range at 240 V AC	345 V to 480 V
Maximum DC input current at 208 V AC	31 A
Maximum DC input current at 240 V AC	27 A
Number of MPP trackers	1 (OptiTrac)

Grid Connection

AC nominal power	9,000 W
Maximum AC power	9,000 W
Reduced power output at 140°F (60°C)	8,000 W
Maximum AC current at 208 V AC	49 A
Maximum AC current at 240 V AC	43 A
Maximum AC reverse current	0 A
Maximum AC fuse size	60 A
AC nominal voltage	208 V/240 V
AC voltage range at 208 V AC	183 V to 229 V
AC voltage range at 240 V AC	211 V to 264 V
AC nominal frequency	60 Hz
AC nominal frequency range	59.3 Hz to 60.5 Hz
Power factor at nominal power	1
Total harmonic factor	< 4%
AC connection/Power Balancing	Two Phases / ✓
Ground fault monitoring (R-Iso)	Yes
Power consumption nighttime	≤ 0.25 W

Protection Devices

DC reverse polarity protection	Short-circuit diode
AC short-circuit current capability	Software-controlled
AC overcurrent protection	Current-controlled
Grid monitoring	SMA Grid Guard

General Data

Topology	Transformerless H5
Cooling concept	OptiCool
Protection class	NEMA 3R
Optional communication interfaces	RS485/wireless (Bluetooth)
DC connection	Screw terminals
AC connection	Screw terminals

Anexo C

MOTOR, PRESTACIONES Y CONSUMO	
Motor eléctrico	Motor eléctrico síncrono de imán permanente
Potencia máxima CV	109 CV
Potencia máxima kW/rpm	81.4 kW/rpm
Par máximo	285 / 0-2.780 Nm/rpm
Velocidad máxima	145 km/h
Aceleración de 0-100 km/h	11.2 s
Autonomía NEDC	212 km
TRANSMISIÓN	
Tracción	Delantera
Tipo de embrague	Sin embrague
Numero de velocidades	1 velocidad. Automático.
BATERÍA	
Tipo	Polímero de litio
Capacidad	27 kWh
Extraíble (S/N)	No
Tipo de cargador (Connector o enchufe)	Cargador interno 6.6 kW / Cargador rápido CHAdeMO opcional
Numero de celdas	192
Tipo de carga / tiempo 100%	5 horas carga lenta 6,6kW - 1h carga rápida 50kW
Tipo de carga / tiempo 80%	30 min carga rápida 50kW

DIMENSIONES, PESO, CAPACIDADES	
Coefficiente rozamiento aerodinámico	0,33 Cx
Largo	4140 mm
Ancho	1801 mm
Alto	1610 mm
Distancia entre ejes	2571 mm
Peso en vacío min/max	1513 kg
Número de puertas	5
Número de plazas	5
Capacidad de maletero	281 l
Capacidad de maletero con asientos abatidos	891 l
CHASIS	
Suspensión trasera	Barra de torsión, muelles helicoidales
Frenos delanteros	Disco ventilado 279 mm.
Frenos traseros	Disco solido 262 mm.
Neumáticos	205/55R16 Kumho / Nexen

Anexo D**Aeolos Wind Turbine 3kw Specification**

Rated Power	3 kw
Maximum Output Power	4 kw
Output Voltage	120/220 V
Blade Quantity	3 Glass Fiber Blades
Rotor Blade Diameter	4.8 m (15.7 ft)
Start-up Wind Speed	2.5 m/s (5.6 mph)
Rated Wind Speed	12 m/s (26.8 mph)
Survival Wind Speed	45 m/s (100.7mph)
Generator	Three Phase Permanent Magnetic Generator
Generator Efficiency	>0.96
Turbine Weight	138 kg (304.2 lbs)
Noise	40 db(A) @ 5m/s
Temperature Range	-20°C to +50°C
Design Lifetime	20 Years

Anexo E



Physical Specification	
Part Number	UCG200-12
Length	522 ± 2 mm
Width	240 ± 2 mm
Container Height	218 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	224 ± 2 mm
Approx Weight	61 kg

Specifications		
	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity 20HR)	200.0AH
Terminal Type	Standard Terminal	F11
	Optional Terminal	-
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94:VO)
Rated Capacity	20hr, 1.80V/cell, 25°C	208.0 AH/10.0A
	10hr, 1.75V/cell, 25°C	200.0 AH/18.6A
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	160.0 AH/32.0A
	1hr, 1.70V/cell, 25°C	110.0 AH/110.0A
Max Discharge Current	1800A (5s)	
Internal Resistance	3.24mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -20 ~ 60°C
		Charge: 0 ~ 50°C
		Storage: -20 ~ 50°C
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C
	Cycle Use	Initial Charging Current less than -A.Voltage 14.4V ~ 15.0V Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V Temp. Coefficient -20mV/°C
Capacity affect by Temperature	40°C	103%
	25°C	100%
	0°C	86%
Design Floating Life at 20°C	15 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 9 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	