

Sistema de Iluminación Pública con Energía Eólica y Solar

R. Bargalló¹, R. Piqué², J. Morón¹ y F. Casellas²

¹ Departamento de Ingeniería Eléctrica. Escuela de Ingeniería de Barcelona Este – EEBE (UPC)

² Departamento de Ingeniería Electrónica. Escuela de Ingeniería de Barcelona Este – EEBE (UPC)

Contacto: ramon.bargallo@upc.edu

Resumen—En este trabajo se presenta un sistema de alimentación público que conlleva una estructura de micro-red. Actualmente se encuentra en período de pruebas, encontrándose instalada una primera serie de farolas en el paseo marítimo del Poblenou, cerca de la EEBE (Escuela de Ingeniería de Barcelona Este) con el fin de evaluar su funcionamiento en el tiempo.

Palabras clave—generación descentralizada de energía eléctrica, energías renovables, sistema autónomos, micro-redes.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha habido un interés creciente en los sistemas autónomos de iluminación pública. Existen excelentes luminarias con paneles fotovoltaicos asociados a las mismas que garantizan un funcionamiento autónomo bajo ciertas condiciones: sol abundante y ausencia de nubes. En paralelo existen algunos sistemas que utilizan una turbina eólica que realiza la misma tarea: almacenar energía eléctrica para ser usada posteriormente, ¿Pero qué pasa en aquellas zonas en las que las horas de sol no pueden garantizar una autonomía razonable? ¿Y en las zonas dónde no puede garantizarse un número de horas de viento suficiente? ¿O un mínimo de velocidad del viento que pueda accionar la turbina? Los sistemas actuales basados en turbinas eólicas empiezan a producir electricidad para vientos de velocidad no menor a 3...4 m/s, lo que imposibilita su utilización en zonas con vientos de rango bajo (1,2 m/s) como los que pueden existir en zonas urbanas o semiurbanas (polígonos industriales, etc.)

Fruto de 4 años de investigación entre la Universidad Politécnica de Catalunya y la empresa EOLGREEN se ha desarrollado una luminaria autónoma que une los dos conceptos para obtener una autonomía total de la red pública y unas condiciones de trabajo mejoradas y optimizadas respecto a los desarrollos existentes. El sistema completo (figura 1) está formado por los siguientes elementos:

- Una turbina eólica de eje vertical y un generador eléctrico asociado a la misma.
- Un panel fotovoltaico.
- Un sistema de control/regulador.

- Una batería.
- Una luminaria.

El funcionamiento del sistema completo es relativamente simple: la energía generada por el panel fotovoltaico y por el generador asociado a la turbina, cuando hay viento suficiente (a partir de 1,5 m/s) se gestiona por el regulador, de forma que cuando la luminaria está en funcionamiento la energía se utiliza para hacer funcionar la misma; el exceso de energía se almacena en la batería para ser usada en los casos en que no haya viento o sol suficiente para generar la energía que precisa la luminaria. Con las luminarias instaladas se garantiza que la batería tiene energía suficiente para alimentar la misma durante un período de 6 días sin viento ni sol; algo prácticamente imposible en la realidad de nuestro país.

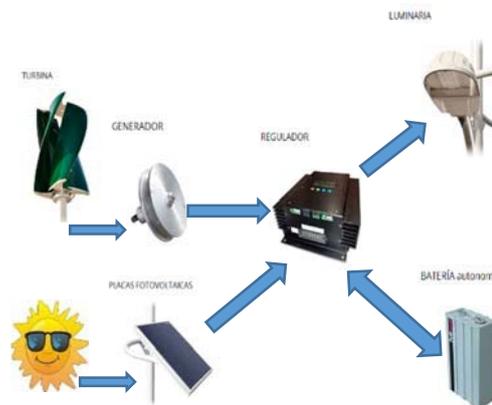


Figura 1. Componentes del sistema desarrollado.

II. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DESARROLLADO

Las especificaciones técnicas del sistema desarrollado son las siguientes:

La turbina, de eje vertical, está formada por 4 palas (naca F104) realizadas con *composites* y recubierta de pintura al grafeno, que presenta la característica de impedir que se depositen materiales sobre la misma con lo que su limpieza en zonas marinas y contaminadas resulta mucho más sencilla.

Arranca con vientos de 1,4 m/s, con un par mínimo de 0,2 Nm y tiene asociado un freno de seguridad que detiene la turbina para vientos de velocidad superior a 15 m/s (54 km/h)

En las figuras 2 y 3 puede verse una imagen de la turbina y de la estructura interna de la pala.



Figura 2. Turbina.

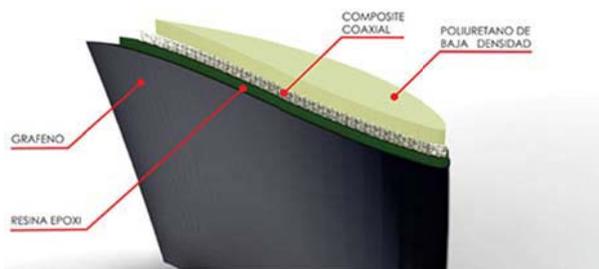


Figura 3. Estructura de la turbina.

El generador (figura 4) es una máquina realizada con imanes permanentes y rotor exterior, que empieza a generar a partir de velocidades de viento correspondientes a 1,7 m/s, tiene una potencia de pico de 400 W y ha sido optimizado para obtener eficiencias energéticas elevadas para velocidades muy bajas, en contraposición con lo que se encuentra normalmente en el mercado en que las eficiencias elevadas son para velocidades medias y elevadas.



Figura 4. Generador.

El generador desarrollado es una máquina síncrona con imanes permanentes y rotor exterior, con 36 ranuras, 40 polos con lo que se consigue una estructura sumamente estrecha (la

altura activa del generador es de sólo 20 mm. En las figuras 5 y 6 puede verse la estructura del estator y rotor, respectivamente.



Figura 5. Estator del generador desarrollado.



Figura 6. Rotor del generador desarrollado.

En las figuras 7 y 8 pueden observarse las potencias como función de la velocidad del viento y la eficiencia del generador en función de la misma variable. Obsérvese que se obtienen eficiencias superiores al 85% en prácticamente toda la gama de velocidades deseadas. En las figuras 9 y 10 se muestran las mismas variables para regímenes de vientos pequeños como los que suelen presentarse en muchas zonas urbanas. Obsérvese la magnitud de la potencia generada (entre 5 y 40 W, más que suficiente para alimentar una luminaria con tecnología LED).

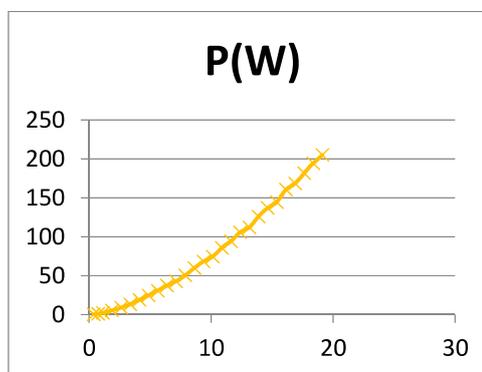


Figura 7. Potencia generada como función de la velocidad del viento.

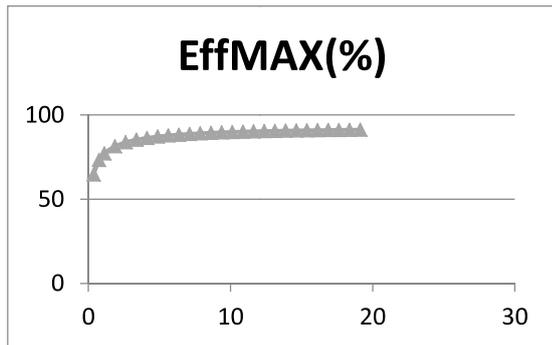


Figura 8. Eficiencia trabajando a potencia máxima como función de la velocidad del viento.

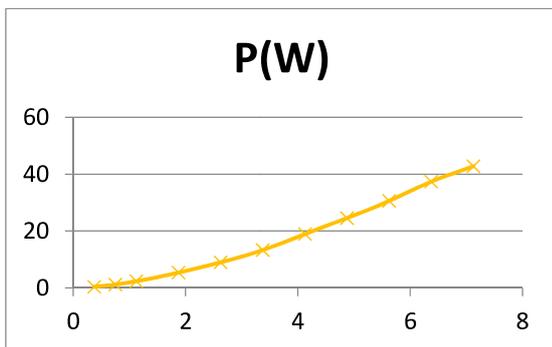


Figura 9. Potencia máxima como función de la velocidad para regímenes de viento pequeños

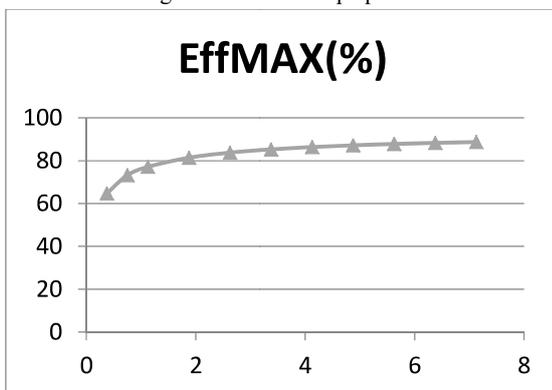


Figura 10. Eficiencia trabajando a potencia máxima como función de la velocidad del viento para regímenes de viento pequeños.

La batería (figura 11) es de tecnología Li-Fe (como las usadas en los vehículos eléctricos) por su gran densidad de energía y bajo mantenimiento. Está tiene una capacidad nominal de 100 Ah, cada elemento tiene un voltaje nominal de 3,5 V y la potencia máxima del conjunto es de 2640 W. Con esta potencia se garantiza una autonomía de 6 noches sin aporte energético externo.



Figura 11. Batería.

Las placas fotovoltaicas son de tecnología policristalina con una potencia de 100 W por unidad. Inicialmente se han instalado dos unidades por luminaria (figura 12).



Figura 12. Placa fotovoltaica.

El sistema de control (figura 13) se encarga de gestionar el flujo de energía de forma que la energía generada por cualquiera de los dos elementos se canalice hacia la luminaria y el exceso hacia la batería. En caso de regímenes de viento elevados se encarga de realizar un frenado eléctrico de la turbina con el fin de proteger su integridad física. Asimismo incorpora un punto de telecontrol de datos con lo que se transmiten los datos de generación, consumo e internos del sistema (tensiones, corrientes, vientos, etc.) al centro de control de las luminarias (cada media hora)



Figura 13. Módulo de control.

Finalmente, la luminaria (figura 14) es de tecnología LED con una tensión nominal de 24 V y potencias de 31 y 45 W en función de la altura de la luminaria.



Figura 14. Luminaria LED.

III. GESTIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA COMPLETO

Asimismo, el sistema contempla la posibilidad de monitorizar a distancia el estado de las diversas luminarias. Se ha creado una aplicación web (figura 15) donde puede visualizarse el estado de funcionamiento de la luminaria y el histórico de funcionamiento de la misma. Los datos se transmiten cada media hora. En la figura 16 puede verse parte del listado correspondiente a una luminaria instalada en un polígono industrial de Sant Boi de Llobregat (Barcelona).

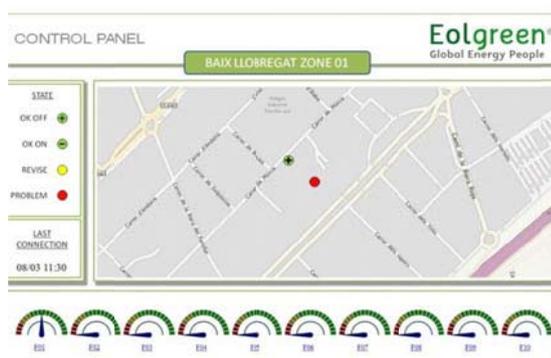


Figura 15. Monitorización del estado de la luminaria.

Eolgreen® Global Energy People		INFORME 24 HORAS	ZONA: 00001	UNIDAD F01	FECHA: 08/03/2015	HORA: 11:30				
DIA	HORA	BATERIA CARGA	BATERIA Vol	BATERIA Amp	SISTEMA Vol	CARGA ACUMULADA kWh/h	ENERGIA CONSUMIDA kWh/h	RPM	N/E	ON/OFF
06/03/15	09:15	050	24,5	+00,6	03,3	00028,6	00032,9	003	02,0	OFF
06/03/15	09:22	049	24,4	+00,5	05,1	00028,6	00032,9	005	02,9	OFF
06/03/15	08:15	049	24,8	+01,4	04,7	00028,6	00032,9	005	02,5	OFF
06/03/15	08:22	049	24,6	+01,2	05,8	00028,5	00032,9	004	02,4	OFF
06/03/15	07:15	049	24,1	+00,5	12,8	00028,5	00032,9	009	03,0	OFF
06/03/15	07:22	049	23,8	+00,0	04,4	00028,5	00032,9	008	03,9	OFF
06/03/15	06:15	049	23,8	+00,0	04,9	00028,5	00032,9	004	03,4	ON
06/03/15	06:22	049	23,8	+00,0	03,8	00028,5	00032,9	003	03,1	ON
06/03/15	05:15	049	23,8	+00,0	06,0	00028,5	00032,9	007	04,0	ON
06/03/15	05:22	049	23,8	+00,0	08,5	00028,5	00032,9	007	03,6	ON
06/03/15	04:15	049	23,8	+00,0	05,4	00028,5	00032,9	004	02,6	ON
06/03/15	04:22	049	23,8	+00,0	05,5	00028,5	00032,9	004	02,7	ON
06/03/15	03:15	049	23,4	-01,7	02,1	00028,5	00032,9	001	01,2	ON
06/03/15	03:22	050	23,4	-01,7	03,0	00028,5	00032,9	001	02,0	ON
06/03/15	02:15	051	23,5	-01,7	01,6	00028,5	00032,9	000	00,8	ON
06/03/15	02:22	052	23,6	-01,7	01,6	00028,5	00032,9	000	00,9	ON
06/03/15	01:15	053	23,6	-01,7	01,6	00028,5	00032,8	000	01,5	ON
06/03/15	01:22	054	23,6	-01,7	01,6	00028,5	00032,8	000	01,6	ON
06/03/15	00:15	055	23,7	-01,7	01,6	00028,5	00032,8	000	00,9	ON
06/03/15	00:22	055	23,7	-01,7	01,6	00028,5	00032,8	000	01,7	ON
05/03/15	23:15	056	23,8	-01,7	04,3	00028,5	00032,8	003	02,7	ON
05/03/15	23:22	057	23,8	-01,7	05,4	00028,5	00032,7	003	02,7	ON
05/03/15	22:15	058	23,9	-01,7	06,8	00028,5	00032,7	005	03,2	ON
05/03/15	22:22	059	23,9	-01,7	06,0	00028,5	00032,7	004	02,4	ON
05/03/15	21:15	060	23,9	-01,7	01,6	00028,5	00032,7	000	01,4	ON
05/03/15	21:22	060	24,0	-01,7	01,6	00028,5	00032,7	000	00,0	ON
05/03/15	20:15	061	24,0	-01,7	01,6	00028,5	00032,6	000	00,7	ON
05/03/15	20:22	062	24,1	-01,7	01,6	00028,5	00032,6	000	00,7	ON

Figura 16. Ejemplo de histórico de funcionamiento para la luminaria instalada.

En las figuras siguientes puede observarse gráficamente la evolución de la carga de la batería, la energía generada y consumida y el registro de regimenes de viento para un intervalo aproximado de una semana.

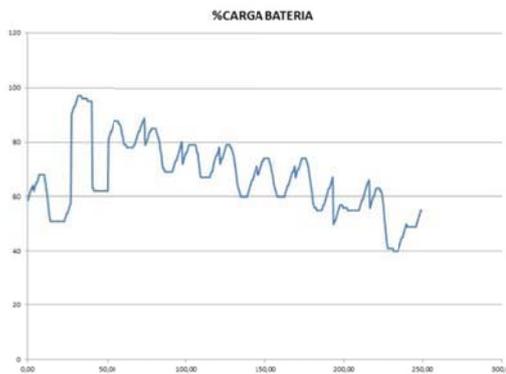


Figura 17. Carga de la batería.

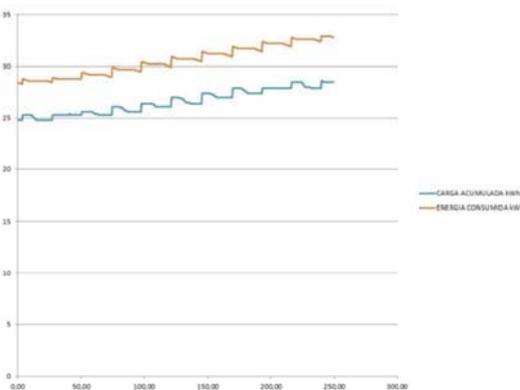


Figura 18. Carga acumulada en la batería y energía consumida.