

# ENERGÍA EÓLICA IMPULSADA POR TRÁFICO VEHICULAR, UNA OPCIÓN PARA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR ALUMBRADO PÚBLICO

WIND ENERGY DRIVEN BY VEHICULAR TRAFFIC,  
AN OPTION FOR THE CONSUMPTION OF  
ELECTRICAL ENERGY BY PUBLIC LIGHTING

Edgar Hernández Palafox  
\*José Joaquín Alvarado Pulido

<https://orcid.org/0000-0002-7566-3955>  
<https://orcid.org/0000-0001-7186-4429>

NÚMERO ESPECIAL POSGRADO ICUAP  
Recibido: 20/diciembre/ 2023  
Aprobado: 26/febrero/ 2024  
Publicado: 7/marzo/ 2024

Posgrado en Ciencias en Energías Renovables. ECOCAMPUS Valsequillo Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.  
Independencia O 2 SUR 50, 72960 San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Mx.

edgarhdezp33@gmail.com  
joaquin.alvarado@correo.buap.mx

## RESUMEN

La tecnología de los sistemas de alumbrado público, que funcionan con energía eólica e inclusive con energía solar al mismo tiempo, se han creado desde hace poco más de cinco años. El diseño de los sistemas eólicos depende de su potencia, el número de paletas, por la disposición de su eje de rotación, el tipo de generador, su material de construcción y de la energía cinética del viento. Actualmente, la eficiencia energética que han emprendido algunos países, requiere de cambios en los equipos y sistemas utilizados para el alumbrado público. Los sistemas eólicos impulsados por el viento que genera el tráfico vehicular, se han vuelto una opción para generar energía eléctrica y abastecer el alumbrado público. Esta investigación hace referencia a la importancia del alumbrado público, sus problemáticas y las alternativas de solución basadas en los sistemas eólicos impulsados por el tráfico vehicular.

*Palabras clave:* Sistemas de energía eólico, turbinas tipo savonius, turbinas tipo darrius.

## ABSTRACT

The technology of public lighting systems that works with wind energy and even solar energy at the same time has been created for just over five years. The design of wind systems depends on its power, the number of blades, the arrangement of their axis of rotation, the type of generator, their construction material and the kinetic energy of the wind. Currently, the energy efficiency that some countries have undertaken requires changes in the equipment and systems used for public lighting. Wind systems driven by the wind generated by vehicular traffic have become an option to generate electrical energy and supply public lighting. This research refers to the importance of public lighting, its problems and alternative solutions based on wind systems driven by vehicular traffic.

*Keywords:* Eolic energy systems, savonius type turbines, darrius type turbines

## ANTECEDENTES

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE, 2023) describe en la plataforma del gobierno mexicano que “el alumbrado público es un servicio que consiste en proveer la iluminación mínima necesaria en los espacios públicos y vialidades, considerando la garantía de seguridad de peatones y vehículos”. Para Gámez (2018), el alumbrado público “es un servicio que brinda el gobierno, el cual consiste en ofertar la iluminación en las calles y parques” (p. 31). Además, considera que “la falta de alumbrado público repercute en la seguridad de los habitantes, debido a las deficiencias técnicas y sociales”.

Así mismo Ramírez et al. (2018), considera que “las malas condiciones de espacios públicos en fraccionamientos cerrados en México, han

incidido en el aumento de la delincuencia, así como de la percepción de inseguridad” debido a la “falta de mantenimiento y deterioro continuo de sus espacios públicos” (p. 1). Hace notar el autor, que este estudio se realizó en el Fraccionamiento Los Héroes, ubicado en el sureste de la ciudad de Puebla. Por su parte, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022), a través de su Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (ENSU) describe que el porcentaje de la población mayor a 18 años de edad, identificó durante diciembre de 2022 que el alumbrado público es insuficiente y lo considera como una problemática en su ciudad. En la figura 1, se muestra el porcentaje de la población por estado del mapa territorial mexicano que reporta tener problemas de alumbrado público.

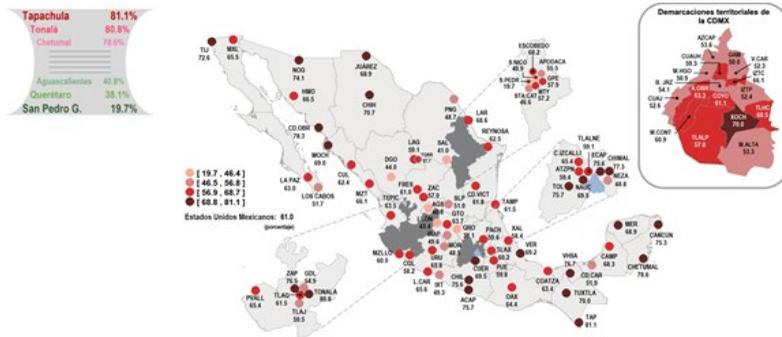


Figura 1. Problemáticas de alumbrado público. (INEGI, 2022, [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensu/doc/ensu2022\\_diciembre\\_presentacion\\_ejecutiva.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensu/doc/ensu2022_diciembre_presentacion_ejecutiva.pdf))

Por otra parte, Díaz (2018) desarrolló un sistema de iluminación solar para el ahorro de energía eléctrica en alumbrado público en México, pues considera que la mayor parte de la energía proviene de los hidrocarburos, la obtención de los cuales daña el medio ambiente. Para Flores (2019), “el alumbrado público es uno de los servicios con más insistencia de demanda por los habitantes de las localidades como resultado del crecimiento de la población y del desarrollo urbano” (p. 1).

De esta manera la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE, 2019) describe en su estudio denominado “Alumbrado público, eficiencia energética y la ciudad inteligente: hacia el proyecto nacional 2.0” que el “alumbrado público es una necesidad social insatisfecha cuya falta o funcionamiento inadecuado aporta a la percepción de inseguridad” (p. 1), y afirma que “el servicio de alumbrado público es prestado en México por las 2,458 autoridades municipales y estima que existen 10 millones de sistemas de alumbrado público instalados en los municipios” (p. 2).

Para Pérez (2019), “muchas instalaciones de alumbrado público son anticuadas y altamente ineficientes, generando un alto consumo

de energía eléctrica con baja eficiencia energética” (p. 1). Aunado al autor anterior, la CONUEE (2019) considera que “el alumbrado público consume el equivalente al 2.25% del consumo de energía eléctrica nacional y que de acuerdo con cifras de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en 2017 fue de 4,496 GWh” (p. 2). “Esto conduce a una mayor necesidad de ahorro de energía, de mantenimiento, y de eficiencia energética, lo que se refleja en costos muy altos que tienen que pagar los ayuntamientos” (Pérez, 2019, p. 1).

La Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2023) describe en su página web que “el costo por alumbrado público oscila en un rango de 1.76 a 5.38 pesos por kilowatt hora (kWh)”. Con base a estos costos, la CONUEE (2019) establece que “se ha generado una erogación 15,000 millones de pesos que los gobiernos municipales deben pagar a la Comisión Federal de Electricidad por alumbrado público” (p. 4).

En contraste Espinosa (2019), realiza el diseño y construcción de un prototipo a escala de una turbina eólica aplicada a una luminaria. Comenta que el prototipo generó un potencial eléctrico de 0.663 Watts a un voltaje de 2.23 Volts. Así mismo, autores como Maldonado et al. (2021), diseñaron un sistema de generación

de electricidad a partir de energía eólica en un parque del barrio las Flores de la ciudad de Barranquilla Colombia, en el cual no es impulsado por tráfico vehicular.

Aunado a lo antes descrito, Cardoso (2022) comenta que el derecho de alumbrado público es un problema para los municipios de México, ya que en los recibos de luz aparecen las siglas DAP (derecho de alumbrado público), siendo el monto que se tiene que cubrir por el servicio de energía eléctrica.

Por su parte Rivera (2020), hace notar que es necesario realizar propuestas para la implementación de instalaciones de media tensión para calles de la ciudad de Puebla, donde el Gobierno del Estado de Puebla en conjunto con la Secretaría de Infraestructura Movilidad y Transporte se han dado a la tarea de transformar Puebla, considerando carreteras, alumbrado público, escuelas, hospitales, entre otros.

Quiñonez et al. (2022) expresa que el camino hacia la eficiencia energética que han emprendido muchos países implica una serie de cambios en los equipos y sistemas utilizados para el alumbrado público, considerando que la tecnología LED (Diodo Emisor de Luz, por sus siglas en inglés) es cada vez más usada por sus beneficios de mayor eficiencia y menor pérdida.

Sánchez (2022) diseña una turbina de eje vertical para el suministro de energía en luminarias de alumbrado público en zonas rurales. Este tipo de diseño solo se realizó por medio del análisis teórico y analítico, no se generó el prototipo. De la misma forma Guamushig (2022), presenta una investigación sobre el diseño de una turbina de vórtice de

eje vertical en la cual se describe el proceso del diseño por medio de simulación.

Appadurai (2022) ha generado un aerogenerador a pequeña escala basados en nanocompuestos de epoxi/carburo de silicio (sic) para aplicaciones urbanas. El modelo de este sistema fue desarrollado por medio del software de diseño CATIA y simulado por medio del Análisis de Elemento Finito.

En su caso, Rivera (2023) presenta una investigación que refiere al costo beneficio de un aerogenerador de eje vertical de pequeña escala para uso residencial. El estudio determinó la rentabilidad del sistema evaluando consumos mensuales de 250, 500 y 750 kWh.

China ha optado por el uso de un sistema de energías verdes basadas en materiales de carbono y ha desarrollado energía solar y eólica con capacidad de 2,495 y 2,674 GW, respectivamente (Liu et al., 2022).

Badakhshan, Afganistán, está invirtiendo en tecnología de producción de hidrógeno usando energía eólica (Almutairi et al., 2021).

Como ha sido posible apreciar, la carencia de alumbrado público económico y eficiente constituye un notable problema social, impulsando diversos desarrollos tecnológicos. Muchos de estos proyectos conllevan elevados costos de inversión o mantenimiento. En este contexto, la utilización de aerogeneradores activados por el tráfico vehicular ha ganado prominencia como una opción altamente destacada. En las próximas secciones, se examinarán en detalle los distintos sistemas eólicos asociados a esta innovadora propuesta.

# Sistemas Eólicos

La energía eólica se transforma en energía eléctrica mediante un aerogenerador. La empresa World Energy Trade (2020), describe que un aerogenerador, es un generador eléctrico que funciona convirtiendo la energía cinética del viento en energía mecánica a través de una hélice que, por medio de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, convirtiendo la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

Para Maldonado (2021), los aerogeneradores se clasifican por su potencia, por el número de paletas, por la disposición de su eje de rotación, el tipo de generador, entre otros. Por mencionar alguno de ellos, se puede citar a los de eje vertical como son el Savonius, el Darrieus, el Giromill; los de eje horizontal; los multipalas o aeroturbinas lentas; rotor tipo hélice o aeroturbinas rápidas. En la figura 2, se muestra el diseño de una turbina tipo vertical y tipo horizontal.

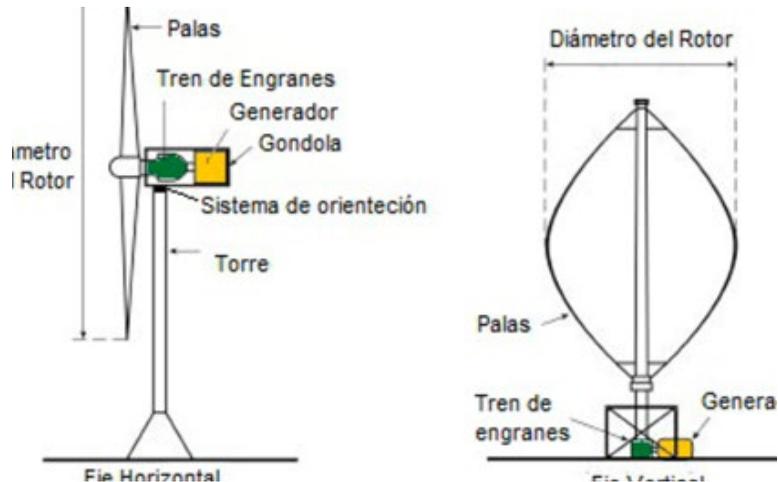


Figura 2. Aerogeneradores de eje vertical y de eje horizontal (Soriano, 2015, <https://www.ctrl.cinvestav.mx/~yuw/pdf/LuisSA.pdf>)

## Turbina tipo Darrieus

Para Martín y Jeremie citados por Saavedra (2019), las hélices de la turbina tipo Darrieus, están diseñadas de manera que el viento viaje una distancia más larga en un lado convexo que el otro cóncavo. El diseño de esta turbina, hace que la velocidad del viento sea relativamente más alta en el lado convexo. Esto hace que, la diferencia de velocidad sobre la hélice obligue a girar mientras el viento atraviesa la turbina.

Por su parte, Mendoza y Rodríguez (2017) describen que el aerogenerador tipo Darrieus fue inventado por el ingeniero francés George Jean Mary Darrieus en 1931 en Estados Unidos. Las patentes de este investigador incluyen el rotor con paletas curvas y el de paletas rectas. Así mismo, el mismo autor afirma que por las características y condiciones de trabajo lo convierten en un rotor óptimo para la generación de energía a pequeña escala. Ver figura 3.

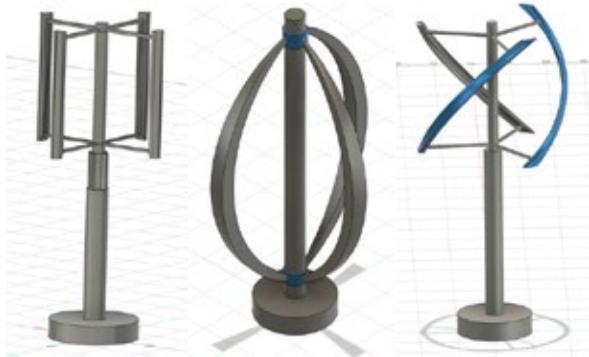


Figura 3. Turbina eólica tipo Darrieus, a) rotor con paletas curvas, b) rotor con paletas rectas, rotor con paletas helicoidales (Hernández, 2023).

## Turbina tipo Savonius

Este tipo de turbina convierte la energía cinética de las corrientes del viento, en un par que actúa en los álabes del rotor. “El torque generado se transmite a través del eje giratorio para poner en actividad un generador eléctrico” (Aparicio y Meza, 2022, p. 41). Por su parte, Pedrozo (2021) describe que “el tipo de rotor más usual es el de dos o tres paletas, considera así mismo, que es una turbina de arrastre, ya que no puede rotar a mayor velocidad que la del viento” (p. 6). Hace notar el mismo autor que, este tipo de sistema eólico fue desarrollado por el ingeniero finlandés Sigurd J. Savonius en el año de 1922. En la figura 4, se muestra el esquema de la turbina tipo Savonius.

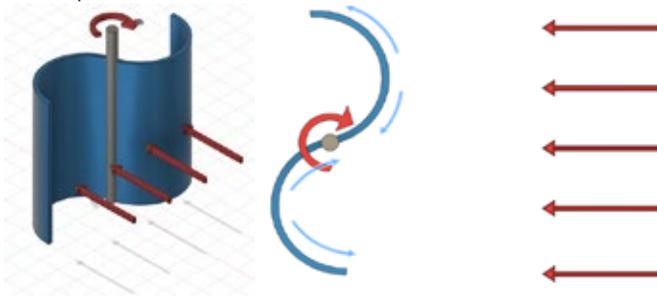


Figura 4. Turbina eólica tipo Savonius (Ali, 2013, <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3714f618f873b6dace1f547dec907f9773d884f1> )

Donde:

$V$  es la velocidad del viento [m/s];  $F_1$  es la fuerza convexa [N];  $F_2$  es la fuerza cóncava [N];  $w$  es la velocidad angular [rpm];  $v$  es la velocidad del rotor [rpm].

De esta manera y haciendo referencia a lo antes descrito, los sistemas eólicos impulsados por tráfico vehicular, emplean por lo general turbinas de eje vertical. La empresa Illuminet (2023), puntualiza en su página web que el funcionamiento de estos sistemas eólicos es sencillo, es decir, “luminarias que aprovechan la fuerza del viento para transformarla mediante turbinas, en energía que se utilizará para que una lámpara se ilumine”. Lo interesante de estos sistemas eólicos es que son accionados por la fuerza del aire que generan los vehículos que pasen a cierta distancia de una luminaria sobre una avenida transitada. En la figura 5 se muestra el principio del funcionamiento de un sistema eólico impulsado por el aire proveniente de los autos que circulan cerca de la luminaria.



Figura 5. Sistemas eólicos impulsados por el viento generado por vehículos (Illuminet, 2023, <https://illuminet.com/energia-eolica-de-autos-para-iluminar-carreteras/>).

Dentro de los prototipos ya existentes se cuenta con la turbina Muneer que mide 8 pies de alto y está hecha de fibra de carbono reciclable. Su batería recargada puede almacenar un kilovatio de electricidad, energía suficiente para hacer funcionar dos lámparas y un ventilador durante unas 40 horas (Altenergymag, 2023)

## Conclusión

La energía eólica como la energía solar se han combinado desde hace algunos años para el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a los sistemas de alumbrado público. Uno de los principales beneficios de este tipo de sistemas es que permiten reducir el costo respecto al sistema convencional de alumbrado público. Así mismo, se considera que este tipo de sistemas eólicos están diseñados para ser utilizados en parques, instituciones educativas, vías interurbanas, autopistas, zonas industriales y otros entornos públicos.

La manufactura de un sistema eólico impulsado por tráfico vehicular beneficiaría a los habitantes del estado de Puebla, ya que se podría reducir en gran medida el pago del DAP (Derecho de Alumbrado Público) e inclusive eliminarlo. Recordando que este impuesto por alumbrado público se implementó el año pasado y el monto que debe pagar la sociedad va a depender del consumo de energía que se realice en cada hogar o negocio. Se estima que, la recaudación de este impuesto será aproximadamente de 140 millones de pesos durante el primer año de aplicación

## DECLARACIÓN DE PRIVACIDAD

Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros. Así también, los autores del Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores y Posgrado en Ciencias de Energías Renovables, Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma.

## DECLARACIÓN DE NO CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés alguno.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, así como al Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores, al Posgrado en Ciencias de Energías Renovables y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología por el interés en la difusión de la ciencia y la motivación que brindan para continuar desarrollando investigación.

# REFERENCIAS

Ali, M. H. (2013). Experimental comparison study for Savonius wind turbine of two & three blades at low wind speed. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(5), 2978-2986.

<https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=Experimental%20comparison%20study%20for%20Savonius%20wind%20turbine%20of%20two%20%26%20three%20blades%20at%20low%20wind%20speed&sortBy=relevance>

<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3714f618f873b6dacef1547dec907f9773d884f1>

Almutairi, K., Hosseini Dehshiri, S. S., Hosseini Dehshiri, S. J., Mostafaeipour, A., Jahangiri, M., & Techato, K. (2021, July 15). Technical, economic, carbon footprint assessment, and prioritizing stations for hydrogen production using wind energy: A case study. *Energy Strategy Reviews*, 36(0), 100684. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100684>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344922000039?via%3Dihub>

Altenergymag. (2023). Traffic Powered Wind Turbines. Recuperado de <https://www.altenergymag.com/article/2019/05/top-article-from-2019-traffic-powered-wind-turbines/31030>

Aparicio Romero, J. A., Meza Allpas, N. A., & Núñez Flores, P. R. (2022). Diseño de un vawt savonius para recolectar energía eólica de vehículos que se desplazan por la vía del sector de Quebrada Honda-Huancayo. Recuperado de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11988/2/IV\\_FIN\\_111\\_TE\\_Aparicio\\_Meza\\_Núñez\\_2022.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11988/2/IV_FIN_111_TE_Aparicio_Meza_Núñez_2022.pdf)

Appadurai, M., & Raj, E. F. I. (2022). Epoxy/silicon carbide (sic) nanocomposites based small scale wind turbines for urban applications. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 13(1), 191-206. <https://doi.org/10.1007/s40095-021-00417-w>

<https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=Epoxy%2Fsilicon%20carbide%20%28sic%29%20nanocomposites%20based%20small%20scale%20wind%20turbines%20for%20urban%20applications&sortBy=relevance>

Cardoso, R. R., Delgado, G. S., & Rosas, A. G. (2022). DAP (derecho de alumbrado público) un problema para los municipios en México. *Prospectiva Jurídica*, 13(25), 91-104. <https://prospectivajuridica.uaemex.mx/article/view/18930>

Comisión Federal de Electricidad. (2023). Tarifas. Recuperado de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCREIndustria/Tarifas/AlumbradoPublicoMT.aspx>

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2023). Estados y municipios – Alumbrado público. Recuperado de <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estados-y-municipios-alumbrado-publico>

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2019). Alumbrado público, eficiencia energética y la ciudad inteligente: Hacia el proyecto nacional 2.0. Cuaderno de la CONUEE Número 4/Nuevo Ciclo, mayo 2019. Recuperado de [https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuaderno4nvoiclocorreJLTOdB\\_1.pdf](https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuaderno4nvoiclocorreJLTOdB_1.pdf)

Díaz, J. F. M. (2018). Desarrollo de un sistema de iluminación solar para el ahorro de energía eléctrica en el alumbrado publico de mexico (Doctoral dissertation, Universitat Rovira i Virgili). <https://www.tdx.cat/handle/10803/667293>

- Espinosa Suárez, M. A. (2019). Diseño y construcción de un prototipo a escala de turbina eólica aplicada a una luminaria. <http://hdl.handle.net/11191/6384>
- Flores Valenzuela, E. S. (2019). Mejoramiento de los niveles de iluminación en el alumbrado público de la avenida Pastor Sevilla con la avenida Ricardo Palma–distrito de SJM. Recuperado de <http://repositorio.untels.edu.pe/jsui/handle/123456789/446>
- Gámez, M. R., & Cedeño, H. A. M. (2018). Falta de alumbrado público y su repercusión en la seguridad de los habitantes del sector San Felipe del cantón Portoviejo. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 3(1), 30-34. <https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=Falta%20de%20alumbrado%20p%C3%ABlico%20y%20su%20repercusi%C3%B3n%20en%20la%20seguridad%20de%20los%20habitantes%20del%20sector%20San%20Felipe%20del%20cant%C3%B3n%20Portoviejo&sortBy=relevance>
- Guamushig Simaluisa, C. J., & Iza Noroña, D. P. (2022). Diseño de una turbina de vórtice de eje vertical (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9662/1/PI-002223.pdf>
- Iluminet. (2023, 12 abril). <https://iluminet.com/energia-eolica-de-autos-para-iluminar-carreteras/>
- Hernández, P. E., (2023), Diseño de turbinas eólicas, Autoría propia, realizada en Fusion 360, Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022), Encuesta Nacional de seguridad Pública Urbana – ENSU Cuarto Trimestre 2022. Recuperado de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensu/doc/ensu2022\\_diciembre\\_presentacion\\_ejecutiva.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensu/doc/ensu2022_diciembre_presentacion_ejecutiva.pdf)
- Liu, L., Wang, Y., Wang, Z., Li, S., Li, J., He, G., Li, Y., Liu, Y., Piao, S., Gao, Z., Chang, R., Tang, W., Jiang, K., Wang, S., Wang, J., Zhao, L., & Chao, Q. (2022, January 10). Potential contributions of wind and solar power to China's carbon neutrality. *Resources, Conservation and Recycling*, 180(0), 106155. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106155>
- <https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=Potential%20contributions%20of%20wind%20and%20solar%20power%20to%20China%27s%20carbon%20neutrality&sortBy=relevance>
- Maldonado-Moreno, J. C., & Cervantes-Nobles, J. D. J. (2021). Diseño de un sistema de generación de electricidad a partir de la energía eólica en un parque del barrio Las Flores de la ciudad de Barranquilla. Universidad Antonio Nariño. Facultad de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Biomédica.
- <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/5084/1/2021%20Jair%20cervantes%20.pdf>
- Mendoza-Cerón, N., y Rodríguez-Castillo, M. E. (2017). Diseño de un rotor eólico tipo Darrieus helicoidal. *Mecánica*, 1(2), 34-41. Recuperado de [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ingenieria\\_Mecanica/vol1num2/ECORFAN\\_Revista%20\\_de%20\\_Ingenier%C3%ADa\\_Mec%C3%A1nica\\_V1\\_N2.pdf#page=41](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ingenieria_Mecanica/vol1num2/ECORFAN_Revista%20_de%20_Ingenier%C3%ADa_Mec%C3%A1nica_V1_N2.pdf#page=41)
- Pedrozo Tapia, S. L. (2021). Diseño y prueba de desempeño de un rotor tipo Savonius para extracción de energía a partir del flujo vehicular. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/55707/26191.pdf?sequence=1>
- Perez Guzman, J. H. O. N. A. T. A. N. (2019). Calidad y eficiencia energética en el sistema de iluminación del alumbrado público de la cabecera municipal de San Fernando, Chiapas. <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2091/MDRPIECA2019038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Quiñonez, M. Q., Quiñonez, K. Y. S., Caicedo, M. R. I., & Bone, V. E. R. (2022). Impacto de la iluminación LED en la calidad de la energía de los circuitos de alumbrado público. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(4), 286-301. DOI: <https://doi.org/10.51798/sjiss.v3i4.472>
- <https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=Impacto%20de%20la%20iluminacion%20LED%20en%20la%20calidad%20de%20la%20energia%20de%20los%20circuitos%20de%20alumbrado%20p%C3%BAblico&sortBy=relevance>
- Ramírez, J. M. B., Lucero, M. D. L. F., & Romero, M. L. G. (2018). Recuperación del espacio público para la reducción de la percepción de inseguridad: el caso del fraccionamiento Los Héroes en Puebla, México. *Revista de Urbanismo*, (39), 1-16. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2018.50489>, <https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=Recuperaci%C3%B3n%20del%20espacio%20p%C3%BAblico%20para%20la%20reducci%C3%B3n%20de%20la%20percepci%C3%B3n%20de%20inseguridad-%3A%20el%20caso%20del%20fraccionamiento%20Los%20H%C3%A9roes%20en%20Puebla%2C%20M%C3%A9xico&sortBy=relevance>
- Rivera Herrera, R., & RIVERA HERRERA, R. I. C. A. R. D. O. (2020). Propuesta para la transición de instalaciones de media tensión para la 13 sur entre la reforma y la av. 11 poniente, en la ciudad de Puebla (Master's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla). Recuperado de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/11311/20200825122604-7716-T.pdf?sequence=2>
- Rivera, S. E. A. (2023). Costo beneficio de un aerogenerador de eje vertical de pequeña escala para uso residencial. <https://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/11427/21651075-octubre2020-i12-pg.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saavedra, C. A. (2019). Optimización de la geometría de aerogenerador de eje vertical tipo Savonius. Recuperado de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmt/saavedra\\_chimal\\_a/etd\\_4021041920581.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/saavedra_chimal_a/etd_4021041920581.pdf)
- Sánchez. C. C. M., Medina, A. P. E. (2022). Diseño de una turbina de eje vertical darrieus para suministrar energía en luminarias de alumbrado público en zonas rurales de San Ignacio. Perú. [https://www.researchgate.net/profile/paul\\_edgardo\\_medina\\_agurto/publication/366622589\\_diseno\\_de\\_una\\_turbina\\_de\\_eje\\_vertical\\_darrieus\\_para\\_suministrar\\_energia\\_en\\_luminarias\\_de\\_alumbrado\\_publico\\_en\\_zonas\\_rurales\\_de\\_san\\_ignacio/links/63ab7c7303aad5368e4745f5/diseño-de-una-turbina-de-eje-vertical-darrieus-para-suministrar-energia-en-luminarias-de-alumbrado-publico-en-zonas-rurales-de-san-ignacio.pdf](https://www.researchgate.net/profile/paul_edgardo_medina_agurto/publication/366622589_diseno_de_una_turbina_de_eje_vertical_darrieus_para_suministrar_energia_en_luminarias_de_alumbrado_publico_en_zonas_rurales_de_san_ignacio/links/63ab7c7303aad5368e4745f5/diseño-de-una-turbina-de-eje-vertical-darrieus-para-suministrar-energia-en-luminarias-de-alumbrado-publico-en-zonas-rurales-de-san-ignacio.pdf)
- Soriano Avendaño, L. A. (2015). Modelación de aerogenerador con compensación difusa. <https://www.ctrl.cinvestav.mx/~yuw/pdf/LuisSA.pdf>
- World Energy Trade. (2020). Aerogenerador. Recuperado de <https://www.worldenergytrade.com/component/seoglossary/1-energia/aerogenerador>