

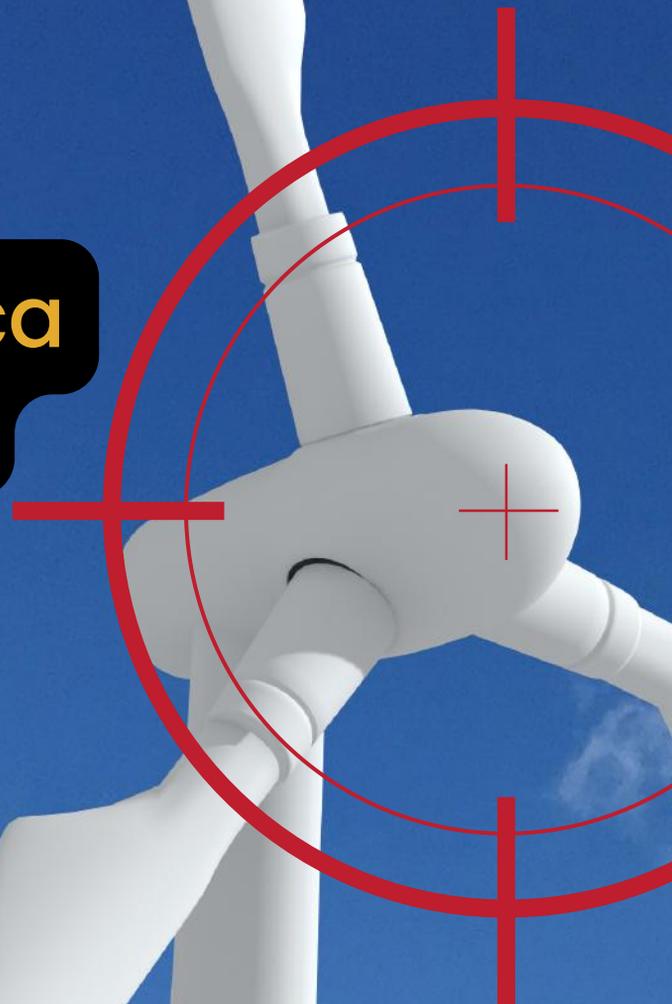


# Energía eólica en la mira

Paula Ortega Vidals  
Edwin Román Hernández  
Víctor I. Moreno Oliva



# Energía eólica en la mira



**Cómo citar este artículo:** Ortega-Vidals P, Román-Hernández E, Moreno-Oliva VI. 2025. Energía Eólica en la mira. Revista Ciencia y Naturaleza (1156).



## *La Energía Eólica: ¿Cómo surge?*

A partir del año 2013, en nuestro vocabulario cobró importancia hablar de energías limpias, para otros países como Inglaterra e Islandia la importancia fue mucho antes por problemas de salud asociada a la contaminación, El Protocolo de Kyoto fue aprobado el 11 de diciembre de 1997, convirtiéndose hoy en día de gran impacto en nuestra sociedad. Debido a las condiciones que está creando el cambio climático en nuestro planeta, es necesario reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero. Una solución es transitar hacia energías limpias. Antes de continuar es importante entender a que nos referimos cuando hablamos de energías limpias y en qué consisten.



Desde hace años se han utilizado los recursos que tenemos disponibles en nuestro planeta para cubrir nuestras necesidades de supervivencia, sin embargo, las consecuencias de su uso excesivo y descontrolado ha traído el desarrollo de diversos problemas ambientales que han afectado nuestro entorno.



Hablamos de los recursos no renovables, como el carbono, petróleo y el gas natural, emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero, los cuales tienen la capacidad de absorber la energía térmica que emite la tierra, causando un aumento peligroso en la temperatura y alterando el clima alrededor del mundo.

Las energías limpias son aquellas que utilizan recursos renovables como: el viento, el Sol y agua, que nos proporcionan energía eólica, solar, **geotérmica**, **hidráulica**, energía mareomotriz, por mencionar algunas. Estas también son conocidas como energías renovables, ya que utilizan fuentes naturales que se pueden regenerar. Hablar de cada una de ellas requiere su tiempo y espacio, por lo que ahora solo hablaremos de la energía eólica. La palabra eólica proviene del latín “aeolicus”, perteneciente o relativo a Eolo, Dios de los vientos en la mitología griega. Para cosechar la energía del viento, se utiliza la tecnología de los aerogeneradores que transforman la energía del viento en energía eléctrica.





## ¡¡El viento se transforma en electricidad!!

Recordando esta frase de la obra literaria "El ingenioso Hidalgo Don Quijote de la Mancha", donde hace mención de los molinos de viento, que eran empleados para moler granos en los años 1101. Con el paso de los años han tenido mejoras en su diseño y estructura, hoy en día reciben el nombre de aerogeneradores que son utilizados para la generación de energía eólica.



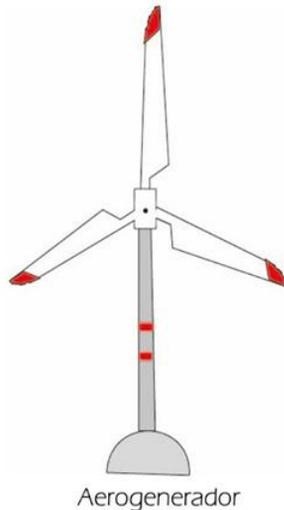
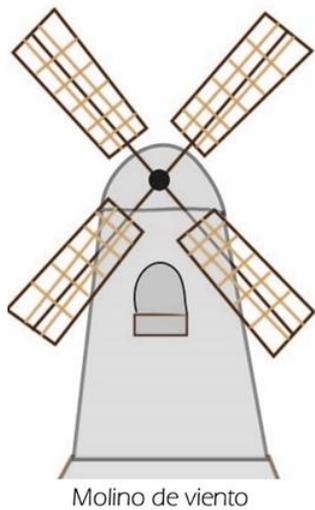
"Mire vuestra merced- respondió Sancho-, que aquello que allí ve no son gigantes, sino molinos de viento, y lo que parecen brazos son las aspas que hacen girar la piedra del molino cuando las mueve el viento."

Miguel Cervantes de Saavedra

Existe una clasificación en los aerogeneradores de acuerdo a su eje de rotación y a su ubicación. Respecto a su eje de rotación, tenemos los de eje horizontal que son los más comunes y los de eje vertical. Por su ubicación tenemos los terrestres y los marinos. En este artículo, nos enfocaremos a los de eje horizontal terrestres.



Si bien, los molinos de viento eran estructuras grandes que estaban contruidos principalmente de madera y piedra, lo cual no afectaba su funcionamiento y utilidad en esa época. En la actualidad, se ocupan otros materiales para su construcción, por ejemplo: el acero, **fibra de vidrio** o **fibra de carbono**, permitiendo de esta manera la generación de electricidad. En la figura 1, se pueden apreciar los cambios, inclusive el diseño de las aspas es diferente.



El aerogenerador utiliza el mismo principio de los molinos de viento, cosechar la energía del viento. Ahora con el avance de la tecnología, se componen de otros materiales: torre, **góndola**, **rotor** y palas (o álabes). Estas últimas deben ser de color blanco, ya que de esta manera se protegen de los rayos del Sol, evitando menos daños en su estructura y funcionalidad.

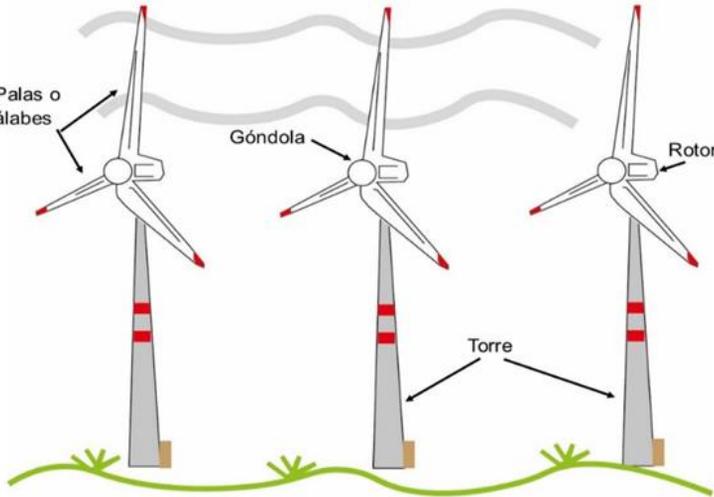
**Figura 1.** De molinos de viento a Aerogeneradores.

Dependiendo de los usos y las condiciones ambientales, los aerogeneradores pueden ir desde los 9 m para uso residencial, hasta los 280 metros. La altura de los aerogeneradores depende de ciertos factores como: la velocidad del viento, densidad del aire, el tamaño de las palas y la potencia de salida.

## *Es momento de generar electricidad*



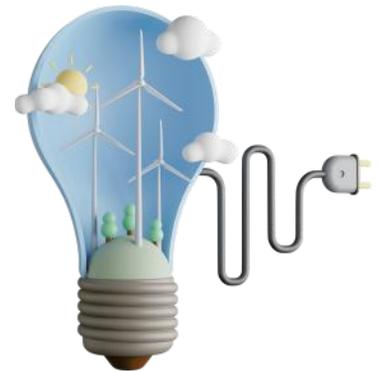
En la figura 2, se ilustra el aerogenerador y las partes principales que lo componen. Cuando el viento alcanza una velocidad mínima de 10 km/h las palas comienzan a girar, lo que conocemos como energía cinética. La rotación del rotor transforma la energía mecánica en energía eléctrica, la cual se conduce por el interior de la torre. El aerogenerador utiliza el mismo principio de los molinos de viento, cosechar la energía del viento. Ahora con el avance de la tecnología, se componen de otros



materiales: torre, góndola, rotor y palas (o álabes). Estas últimas deben ser de color blanco, ya que de esta manera se protegen de los rayos del sol, evitando menos daños en su estructura y funcionalidad.

**Figura 2.** Partes de un aerogenerador.

Los aerogeneradores están conectados por cables subterráneos, por los que la energía eléctrica llega hasta una subestación, la cual es inyectada a la red eléctrica para que finalmente sea distribuida a los hogares y empresas.



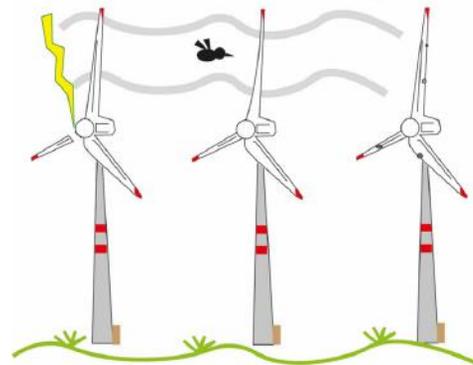
En México, existen algunos parques eólicos, ya que para su construcción se consideran factores técnicos, económicos, sociales, ambientales y de recursos humanos, aparte de realizar estudios de las corrientes de viento, topografía, de suelo y condiciones orográficas. Los estados que cuentan con parques eólicos son: Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León y Baja California. El que más generación de energía produce actualmente se encuentra en el estado de Oaxaca, para ser exactos en la región del Istmo de Tehuantepec en el lugar conocido como La Ventosa. El cual está conformado por 132 aerogeneradores con una producción anual de energía que puede llegar a ser 5, 000 MW. Debido a sus fuertes vientos, lo hace un lugar idóneo para la construcción de parques eólicos.



Por supuesto, que no todo el año se tiene la misma producción, dado que esto depende de las corrientes de viento, los meses de alta producción abarcan desde el mes de octubre al mes de febrero que es cuando se tienen los eventos de norte.

Sin embargo, existen otros factores que pueden intervenir en la producción de energía, por ejemplo: la lluvia, tormentas eléctricas, granizo, clima extremadamente seco y polvo, inclusive el impacto de algunas aves, provocan daños siendo las palas las más afectadas. También la variación de temperatura de la superficie afecta a las palas, es decir el calor o frío extremos puede hacer que los materiales y componentes se expandan o contraigan, provocando daños estructurales y averías con el tiempo (Figura 3).

Cuando los aerogeneradores sufren algún daño, se convierte en un problema ya que cambiar la pieza no es sencillo, por ejemplo, se necesita una grúa para desmontarla debido a sus dimensiones o a veces la empresa no tiene la pieza inmediatamente.



**Figura 3.** Factores que provocan daños a las palas.

La fabricación y diseño de los aerogeneradores están a cargo de empresas del extranjero, lo que significa una gran inversión en cuanto al traslado y armado de ellos, por ello tampoco es sencillo contar con tantos parques eólicos como uno podría pensar. De ahí la importancia de supervisar la manufactura y diseño de las palas.



Actualmente, en México existen centros de investigación como el Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica (CEMIE-Eólico) y el Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTe), que han enfocado su atención en el estudio de la energía eólica, desarrollando software y técnicas, que mejoren y favorezcan la producción de energía, así como el uso de nuevas tecnologías, que permita la independencia de las empresas del extranjero.

El uso de herramientas y desarrollo de tecnología que permita detectar daños en los aerogeneradores, no es una tarea sencilla, ya que se necesitan recursos económicos como humanos. Por esta razón en la Universidad del Istmo, se desarrolla la investigación de implementar algunas técnicas ópticas, que permitan analizar y detectar deformaciones en el diseño de palas de aerogeneradores, lo que favorezca su funcionamiento.



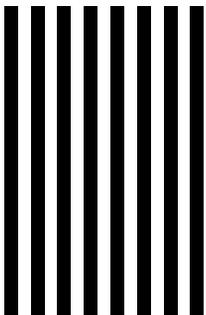
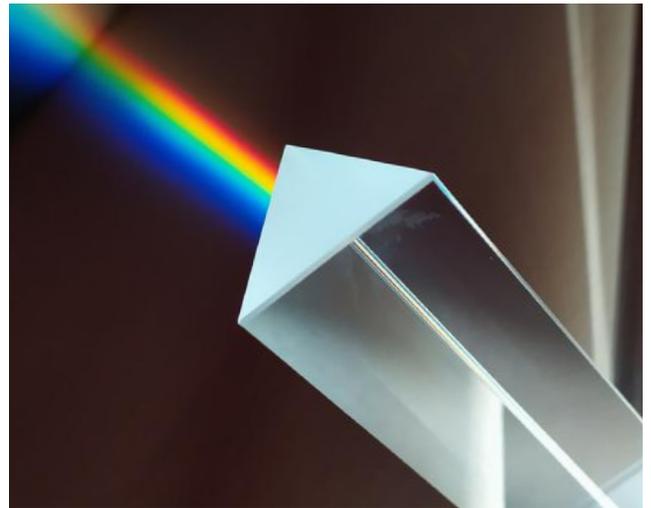
Con el objetivo de reducir costos y tiempo en los procesos de manufactura, a continuación, se presenta una propuesta de cómo utilizar una técnica óptica para este propósito.



## *Análisis óptico de un álabe*

Una rama de la física es la óptica la cual estudia la interacción de la luz con algunas superficies ópticas como lo son lentes o espejos, que permite detectar deformaciones. La proyección de franjas nula si bien es una técnica empleada en diversas áreas como la industria, la biomedicina, la mecánica, ingeniería, entre otras, que permite la reconstrucción tridimensional de los objetos, con lo cual se pueden detectar deformaciones en su estructura. Es por eso que surgió la idea de implementarlo en el análisis de álabes.

La técnica de proyección de franjas nula hace uso de herramientas sencillas, como una computadora, cámara y proyector. Se diseña un **patrón de franjas** el cual es proyectado al objeto bajo prueba, que es capturado por la cámara para su posterior análisis. Ahora la pregunta es; ¿Cómo se diseña el patrón de franjas?

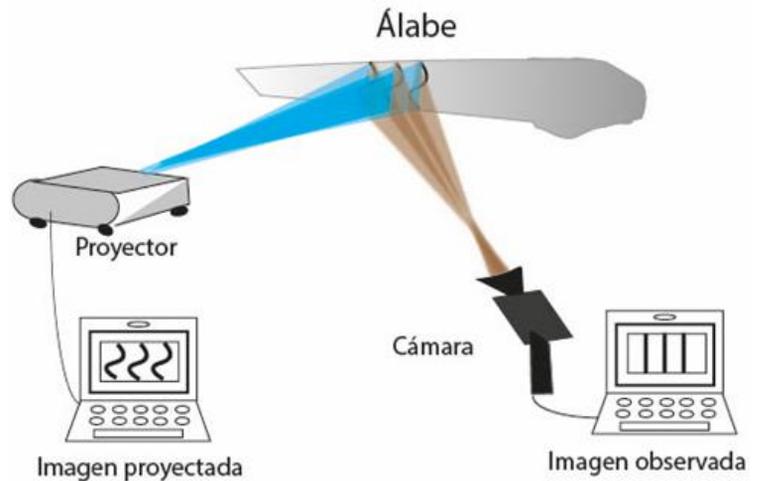


El patrón de franjas es un conjunto de líneas blancas y oscuras que tienen el mismo grosor y separación entre ellas, el cual es diseñado por computadora con un software. Posteriormente con la cámara se captura el patrón proyectado en el objeto bajo prueba, se analizan las fotografías y de esta manera se recaba información de la existencia de posibles deformaciones.



Lo interesante de esta técnica surge en el patrón que es capturado por la cámara, cuando nosotros proyectamos un patrón de curvas en el objeto bajo prueba y este no tiene ninguna deformación en su estructura, nosotros veremos que la imagen capturada por la cámara es un conjunto de líneas rectas. Para que se entienda un poco más, la figura 4 muestra la configuración del montaje experimental, que se ha implementado para el estudio de álabes. Hasta el momento es una prueba cualitativa, que ha mostrado resultados positivos en la detección de deformaciones en álabes.

La distancia tanto del proyector como de la cámara están en función de la nitidez con el que se ve el patrón de franjas proyectado en el álabes, ya que cuando se analizan las fotografías en el software nos podría arrojar información errónea. Es importante recalcar que esta técnica, está en función del patrón, es decir, si proyectamos un patrón de líneas rectas solo podríamos reconstruir el objeto y no obtener información de una posible deformación.



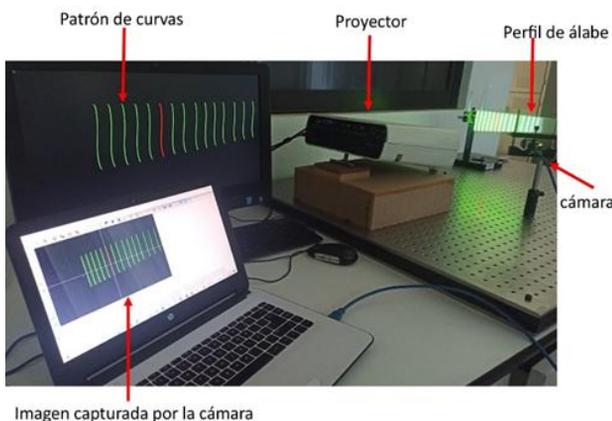
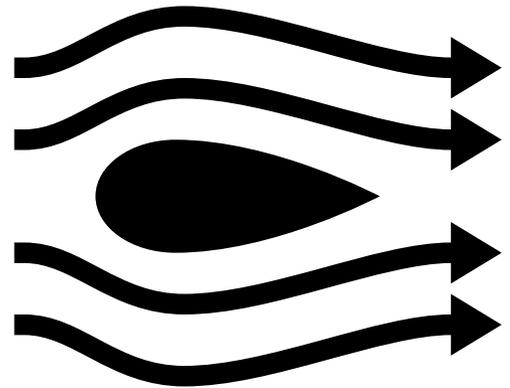
**Figura 4.** Proyección nula de franjas.

Podría pensarse que el diseño de las curvas no sería mayor problema sin embargo no es así, ya que, si nosotros no escogemos la simetría adecuada, podríamos tener una interpretación incorrecta respecto a la estructura del objeto bajo prueba.



Las palas no tienen una simetría o **perfil aerodinámico** fijo, ya que existen una gran variedad lo cual depende de la empresa que lo fabrique. De ahí que también esta técnica resulta ser útil, puesto que puede trabajar con cualquier perfil. Por otra parte, al ser algo nuevo, se han realizado pruebas a pequeña escala, debido a las dimensiones de las palas que van de los 60 a 90 metros, se tiene que hacer por secciones (Figura 5).

En la figura 5, se muestra el arreglo experimental de una sección de un álabe simétrico el cual ya tiene deformaciones en su estructura, colocamos una de las curvas en color rojo justamente en donde existía una deformación y como se puede apreciar la imagen capturada es una línea recta. Por lo que la técnica de proyección de franjas nulas, cualitativamente nos proporciona información de la estructura de la sección del álabe bajo prueba.



**Figura 5.** Arreglo experimental para la prueba de una sección de álabe.

De esta manera la técnica de proyección de franjas nulas, puede convertirse en una prueba de calidad la cual es accesible y de bajo costo, esta nos permitirá detectar deformaciones en el álabe. Como se mencionó antes, las palas tienen un papel importante en la generación de energía eólica.



Es interesante como dos áreas totalmente diferentes, se pueden conjuntar para poder realizar estudios que enriquezcan y aporte un nuevo conocimiento en ellas. Se espera que en un futuro esta técnica, se pueda convertir en una prueba de calidad en el diseño de palas de aerogeneradores. Ahora sabes un poco de lo poderosa e importante que puede ser una corriente de viento, en las energías limpias y sobre todo para la generación de energía eléctrica en la actualidad.

## Conceptos

**Geotérmica:** Fuente de energía renovable que se obtiene del calor interno de la Tierra.

**Hidráulica:** También conocida como energía hidroeléctrica, se obtiene al transformar la energía potencial del agua en electricidad.

**Góndola:** Se encuentra en la parte superior de la torre y que alberga los componentes que transforman la energía del viento en electricidad.

**Rotor:** Es la parte giratoria de la turbina que capta la energía del viento y la transmite.

**Fibra de carbono:** Material sintético compuesto de filamentos de carbono que se utiliza en la aeronáutica.

**Fibra de vidrio:** Material compuesto por hebras de vidrio muy delgadas que se entrelazan para formar una malla.

**Patrón de franjas:** Conjunto de franjas brillantes (blancas) y oscuras (negras) diseñadas para proyectarse sobre un objeto, para su estudio.

**Perfil aerodinámico:** Es la sección transversal de un elemento, que lo caracteriza al moverse en un fluido.

## *Agradecimientos*

Programa Estancias Posdoctorales por México del SECIHTI.



## Para Consulta

-  Guzmán- Pérez P. 2015. El papel de la CFE en la producción de energía eólica en el Istmo de Tehuantepec. *Ciencia y Mar* 19(57): 47-57. [[Link](#)]
-  Luna AE, Cornejo RA, *et al.* 1992. Prueba nula de Ronchi-Hartmann. *Revista Mexicana de Física* 38(1): 150-161. [[Link](#)]
-  Pérez GT, Mondragon RI, *et al.* 2022. Energía eólica y aerogeneradores de eje vertical y horizontal. *Universidad la Gran Colombia Ciencia* 28(1): 1-7. [[Link](#)]

Crédito de imágenes en orden de aparición: Pedrosala (Getty Images, GI), alexsl (GI Signature), JosepMonter (Pixabay, P), BRGFX, GraphicsRF, smith (GI), Flickr (pexels, pex), Flat Icons, Icons8, inkdrop, iconsy, Naige Schulte (GI), Bahar Nugroho, Tookapic (pex), aalmeidah (P), sketchify, Oleg Sibgatulin, shotbydave GI Signature), Vectortradition, Masново (GI), Dobromir Hristov (pex), Mykola Lytvynenko, promakis (P). Crédito de figuras 1-5: Proporcionadas por los autores.

### Dra. S. Lizette Ramos de Robles y Dr. Arturo Curiel Ballesteros

Co-Editores Invitados, Número Especial

Objetivos del Desarrollo Sustentable y el canto de las sirenas: una evaluación crítica



#### Paula Ortega Vidals

Universidad del Istmo, Profesor Investigador (Estancia Posdoctoral). Investigación en el área de óptica particularmente óptica geométrica, actualmente con aplicación en las energías renovables específicamente en el análisis de álabes de aerogeneradores.

contacto: [paulaov.29@gmail.com](mailto:paulaov.29@gmail.com)



#### Edwin Román Hernández

Universidad del Istmo, Profesor Investigador Titular B. Investigador en el área de Óptica Aplicada a las Energías Renovables, co-responsable del Laboratorio de Óptica Aplicada en la Universidad del Istmo. contacto: [rohe\\_00@hotmail.com](mailto:rohe_00@hotmail.com)



#### Víctor Iván Moreno Oliva

Universidad del Istmo, Profesor Investigador Titular B. Actividad académica enfocada a la metrología óptica y óptica aplicada particularmente a las pruebas en superficies para sistemas de concentración solar y actualmente al desarrollo de técnicas para la reconstrucción de perfiles aerodinámicos y pruebas dinámicas y estáticas en alabes de aerogeneradores. contacto: [vmorenofcfm@hotmail.com](mailto:vmorenofcfm@hotmail.com)