

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA



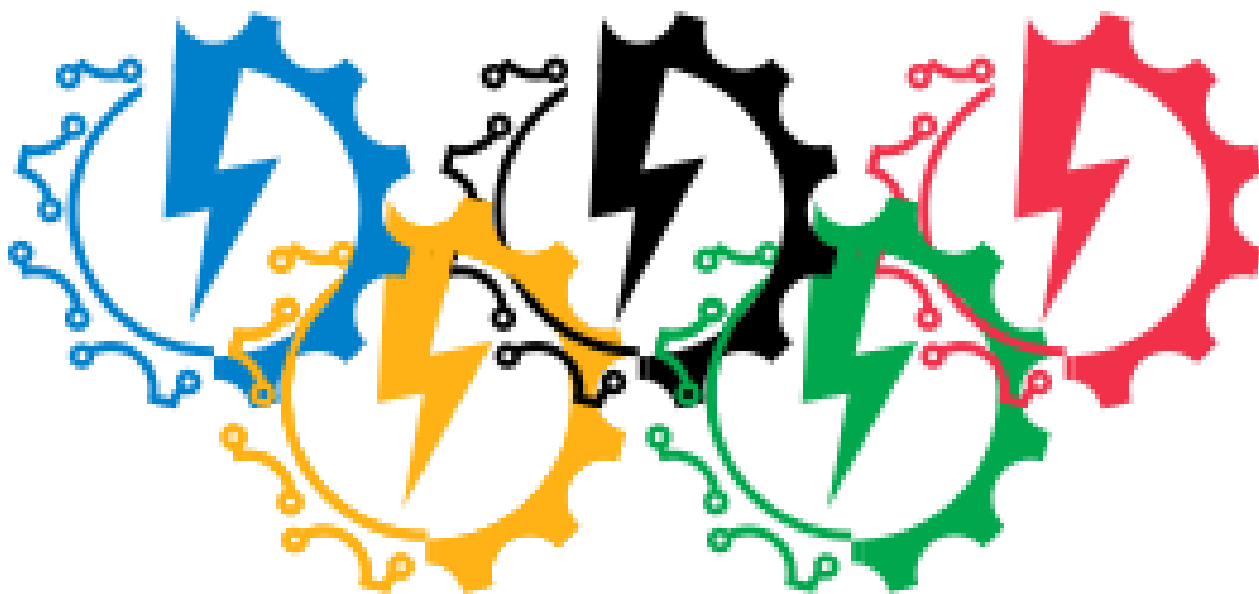
IV OLIMPIADA de Ingenierías Industriales

Estudiantes de la ESO (3º y 4º), Bachillerato, Ciclos Formativos de Formación Profesional

25 de marzo de 2026.

Lugar: *Hospedería del Colegio Fonseca*
C/ Fonseca, 2. 37002-Salamanca (España)

BASES DE LA PRUEBA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA
CONFERENCIA DE DIRECTORES DE ESCUELAS DE INGENIERÍA DE ÁMBITO INDUSTRIAL
Delegaciones del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Salamanca y Zamora
Colegios Oficiales de Graduados e ITI de Ávila, Salamanca y Zamora
Servicio de Empleo y Emprendimiento de la Universidad de Salamanca
Fundación General de la Universidad de Salamanca (Plan TCUE 2024-2027)



industriales.usal.es
politecnica zamora.usal.es

Esta actividad se enmarca en el Plan de Transferencia de Conocimiento Universidad Empresa (Plan TCUE 2024-2027), financiado por la Junta de Castilla y León.



1. OBJETIVO DE LA PRUEBA

El **objetivo de la prueba** consiste en el **diseño y construcción del impulsor de un aerogenerador**, es decir, de las palas o superficie aerodinámica del rotor de un aerogenerador, que obtenga el máximo rendimiento energético de un tubo de corriente de aire, cuya potencia mecánica deberá transformar en potencia eléctrica para bombear agua en la mayor cantidad posible. Se trata, por tanto, de optimizar la hélice impulsora del generador para que la cantidad de agua bombeada en un determinado tiempo sea la máxima posible. Los estudiantes se aproximarán así a un problema de optimización en el que deberán transformar energía cinética del aire en energía eléctrica en el aerogenerador, que se aprovechará como energía mecánica en la electrobomba.

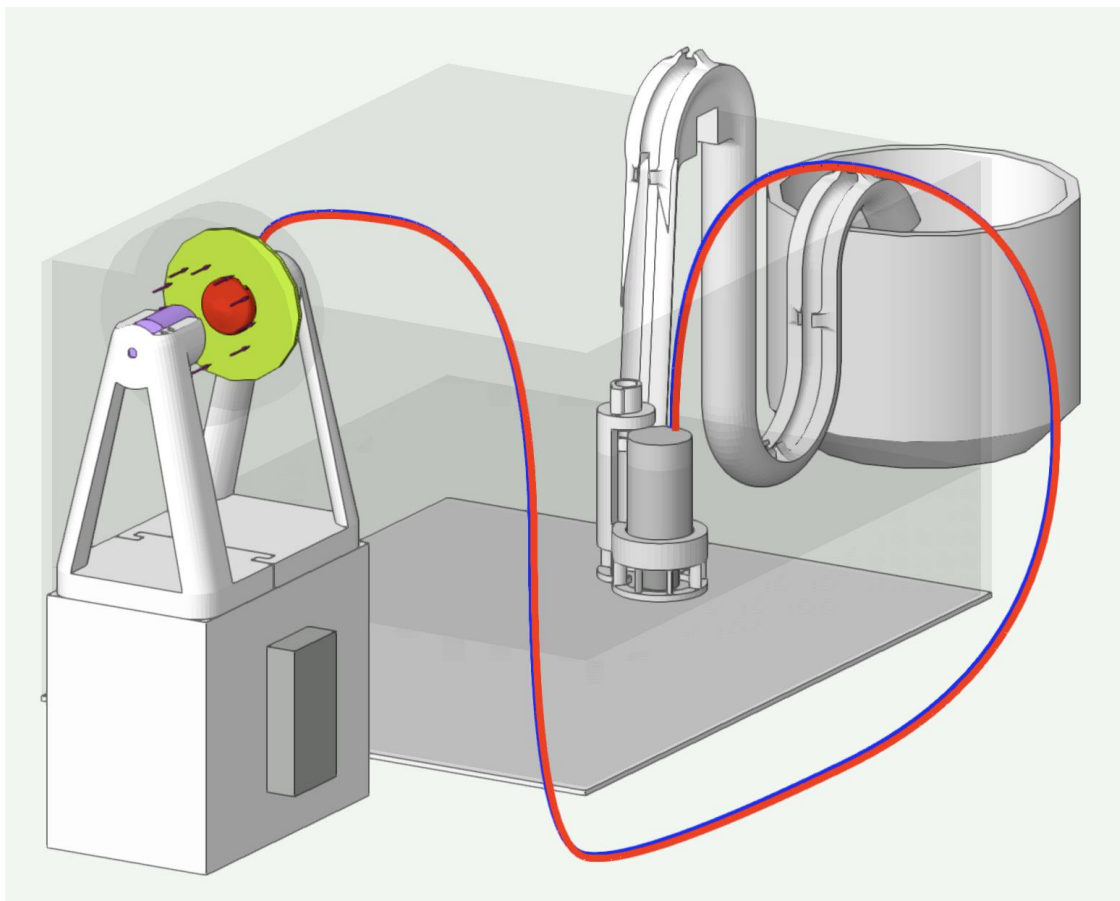


Fig. 1 Impulsor del aerogenerador (en verde) instalado en el sistema de ensayo durante la prueba

Este ejercicio pondrá en juego la destreza de los alumnos en la fabricación de la hélice del aerogenerador durante el desarrollo de la competición, pero antes de ella deberán haber ensayado, en sus Centros de origen, diferentes configuraciones y tamaños de palas aerodinámicas para encaminarse a la mejor solución del problema planteado y ganar así la



Olimpiada: la mayor puntuación la obtendrá el prototipo que consiga bombear la mayor cantidad de agua en el tiempo estipulado.


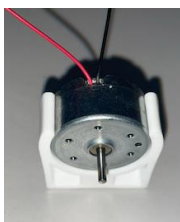
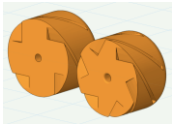
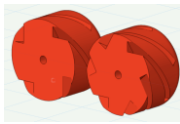
2. BASES DE LA PRUEBA

2.1 Normas

La Olimpiada se regirá por las siguientes normas y, si algo no estuviera previsto en ellas, por el criterio inapelable de la Organización:

1. Tras la inscripción del Equipo la Organización enviará a su Centro una serie de componentes (Tabla 1) para que se pueda desarrollar la fase de ingeniería previa a la celebración de la competición, que tendrá lugar el día indicado en la portada, por la tarde, en Salamanca.
2. El día de la competición cada Equipo se presentará en el lugar que se indique, antes de la hora de inicio, ocupará el lugar que se le asigne y empezará la prueba utilizando exclusivamente el material que se le proporcione en ese momento, con las excepciones de la Tabla 2.

Tabla 1. Componentes enviados por la Organización al Centro, para cada Equipo

Motor 6V c.c. para aerogenerador de prueba	Soporte para el motor	Bujes 4 ó 6 palas ranura curva	Bujes 4 ó 6 palas ranura recta
			
Madera (6 palos y 6 cucharas)	Resistencias 47Ω 1W	Lámina de plástico	Lámina de cartón

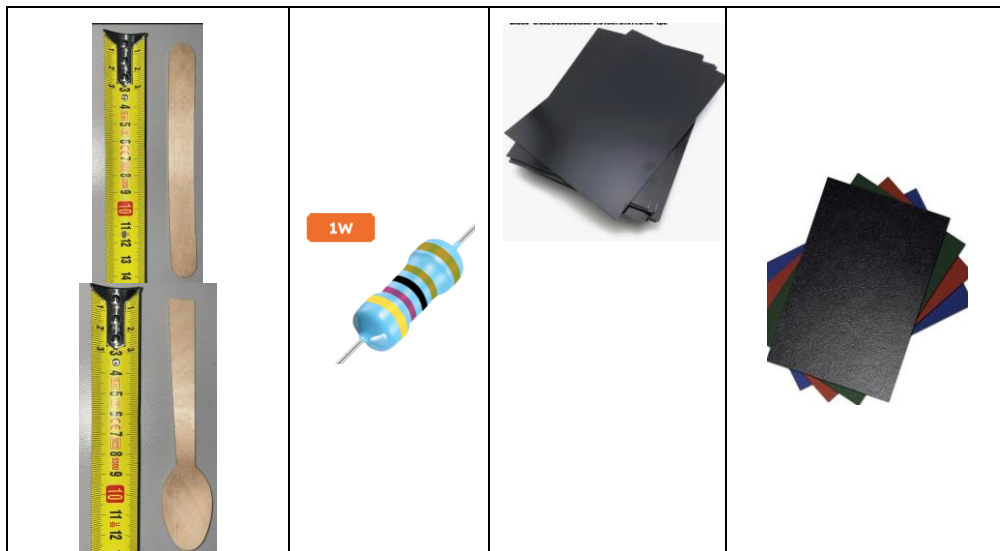


Tabla 2. Herramientas de trabajo que el Equipo puede traer a la prueba

Compás, regla, escuadra y cartabón	Rotulador / lápiz	Plano de diseño del impulsor
		Una sola hoja impresa en formato DIN A4 (*)

(*) No estará permitido traer plantillas hechas con la forma exacta de las piezas a construir durante la prueba, pero sí será posible emplear el diseño que se haya traído dibujado o impreso en un papel a modo de plano de construcción y montaje, que indique con la precisión conveniente el modo de proceder. La escala de lo representado nunca podrá ser 1:1 y el plano no podrá ser recortado.

- La Organización proporcionará las herramientas por Equipo que se indican en la Tabla 3.



Tabla 3. Herramientas, componentes y materiales que se proporcionarán al inicio de la prueba

Lámina de plástico	Lámina de cartón	Bujes para 2, 3, 4 ó 6 palas ranura ancha	Bujes para 2, 3, 4 ó 6 palas ranura estrecha
			
Madera (6 palos y 6 cucharas)	Tijeras	Pistola termo encoladora y barras de cola	Papel de lija
			

4. Los Equipos estarán formados por un máximo de 3 personas de la misma categoría A (3º y 4º de la ESO), B (1º y 2º de BACHILLER) o C (Ciclos Formativos de FP).
5. La competición consta de 3 fases:
 - 5.1. Fase de ingeniería: tiene lugar entre la inscripción del Equipo y la celebración de la competición. Durante ella los Equipos deberán diseñar, fabricar y probar todas las versiones del impulsor que consideren necesarias hasta obtener el mejor resultado posible.
 - 5.2. Fase de construcción: es la primera parte de la competición. En ella los Equipos dispondrán de un tiempo determinado para construir el impulsor más eficiente que hubieran conseguido diseñar, contando solo con los medios permitidos y sin ayuda de terceros.
 - 5.3. Fase de ensayo: es la segunda y última parte de la competición. Al terminar el plazo anterior, todos los Equipos entregan a la vez su impulsor a la Organización, y podrán ver cómo los tribunales evaluadores prueban su rendimiento en un mismo sistema de ensayo (ver apartado 1.2) para todos los Equipos.



6. El Equipo ganador de cada categoría será el que haya construido el impulsor que demuestre mejor rendimiento. No puede haber empates: en caso de que dos o más ofrezcan cifras muy similares el tribunal repetirá la prueba para desempatar alargando el tiempo del ensayo hasta que a su juicio quede clara la diferencia.
7. La Organización podrá excluir de la competición al Equipo que vulnere estas Bases.

2.2. El sistema de ensayo del impulsor

El impulsor formará parte de un sistema más complejo, que la Organización aportará a la competición, y sobre el que se probarán todos los impulsores. El sistema completo se compondrá de (ver Fig. 2):

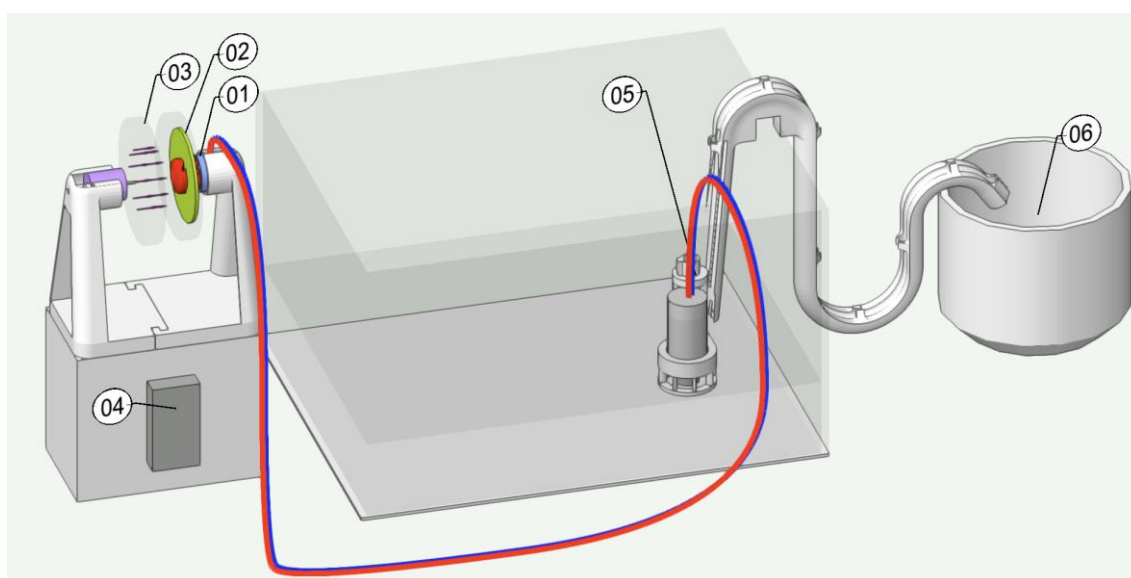
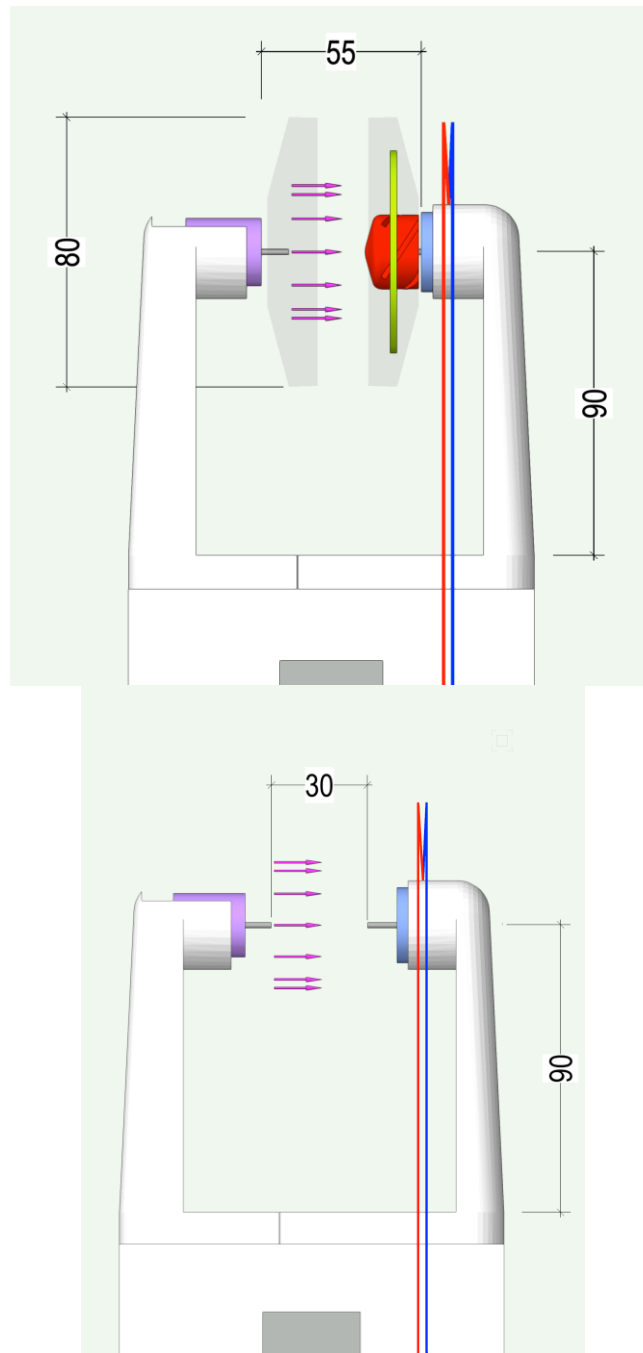


Fig. 2 Sistema de ensayo del impulsor

01. Un motor de corriente continua que funcionará como generador eléctrico movido por el viento. Será similar al mostrado en la Tabla 1.
02. El impulsor que construirá cada Equipo sobre alguno de los bujes proporcionados, irá acoplado al motor generador. En las imágenes se ha sustituido por un simple disco verde, que no presupone ni tamaño ni diseño.
03. Una fuente de viento de forma tubular y caudal estable.
04. Un temporizador automático que marca el inicio y el final del ensayo de cada impulsor.
05. Una pequeña bomba de agua que impulsa el líquido a través de un sifón a una cierta altura.
06. Un recipiente que recoge el agua bombeada durante el tiempo que dure el ensayo.



Las dimensiones geométricas relevantes para que cada Equipo pueda construir el impulsor (02), y para asegurarse de que éste resulte compatible con el sistema de prueba de la Fig. 2, se indican en la Fig. 3.



*Fig. 3 Medidas del sistema de prueba, en mm
El tubo de viento disponible tendrá Ø80 mm*



3. FASE DE INGENIERÍA

El trabajo a realizar durante la competición es muy sencillo, pues se reduce a fabricar el impulsor que el Equipo considere óptimo empleando los materiales y componentes permitidos y que ya conocen, pues se enumeran en estas Bases y habrán sido enviados por la Organización al Centro.

Lo más importante es, sin duda, todo lo que antes ocurra en el Centro. En efecto, este reto pretende enfrentar a los chicos a un problema de optimización ingenieril que, en opinión de la Organización, debe consistir en que:

- Se dedique un tiempo conveniente a comprender las bases físicas del reto a resolver (ver apartado 1.3).
- Se monte en el Centro una pequeña instalación de ensayo (ver apartado 1.4).
- Se fabriquen y prueben cuantos más prototipos de impulsor mejor para experimentar sus diferencias de rendimiento y acudir a la competición con la mejor opción para ganar. Más adelante se dan algunas recomendaciones (ver apartado 1.5).

3.1 Base teórica

Como el rendimiento del impulsor se va a probar en un sistema de aerogeneración más bombeo, resulta esencial llegar al diseño que mayor energía E (J) pueda producir durante un tiempo concreto t (s), pues será el que mayor cantidad de agua conseguirá transvasar del recipiente donde está la bomba (05 en la Fig. 3) al vaso que servirá para medirla (06). Esto significa lograr el impulsor que mayor potencia eléctrica P (W) consiga ofrecer a la carga, que será la electrobomba del agua, ya que

$$P (W) = \frac{E (J)}{t (s)}$$

El impulsor (02) mueve al generador (01). El generador de la competición será un motor de corriente continua, similar al proporcionado al Centro (Tabla 1).

Los generadores eléctricos son máquinas reversibles, que si se alimentan con corriente producen movimiento, pero que si se mueven con energía mecánica externa, producen energía eléctrica. El motor se acoplará ahora al impulsor y se usará como generador.

Es un motor de estátor formado por imanes permanentes y rotor cableado de tres polos, con colector de delgas y escobillas.

La potencia P (W) que entregará el generador a la electrobomba será directamente proporcional a la tensión V (V) en sus bornes y a la intensidad I (A) de la corriente que consiga hacer circular, o también al cuadrado de la tensión V (V) entre la resistencia de la carga R (Ω):

$$P = V I = \frac{V^2}{R}$$

En un generador de corriente continua la tensión V que produce es directamente proporcional a la velocidad a la que gire. Y la intensidad de la corriente I es directamente proporcional al par que se le aplique al eje. Por lo tanto, el mejor impulsor es el que consiga



que el generador gire a la mayor velocidad posible, aplicándole a la vez el mayor par posible. Conseguirlo con un impulsor eólico... ¡no es evidente!

3.2 Instalación recomendada de ensayo en el Centro

La relación de la tensión con la velocidad de una máquina giratoria es bastante lineal en una amplia gama de velocidades. Lo mismo ocurre con la relación entre el par y la intensidad para un amplio rango de par.

Hay modelos matemáticos que el ingeniero debe conocer, pero además es necesario probar cada máquina y comprobar cómo se comporta en la realidad. Este es el objetivo de esta prueba: que el Equipo pruebe su impulsor sobre el generador que la Organización habrá enviado al Centro. El modelo matemático se explica en 2º curso de ingeniería industrial.

Se recomienda proceder en el Centro de la forma siguiente:

- Conseguir una fuente de aire (por ejemplo un pequeño secador de pelo, aire frío) que produzca un tubo de aire del diámetro aproximado al indicado en la Fig. 3.
- Acoplar cada impulsor al motor proporcionado y enfrentarlo al tubo de aire en una posición determinada, siempre la misma (muy importante), de forma similar a como se ensayará el día de la competición (Fig. 3).

Un secador de pelo producirá un flujo muchísimo más grande que el que se empleará durante la competición, por lo que deberá alejarse del impulsor a ensayar una distancia fija superior a la indicada en la Fig. 3. Pero esto no es un problema si la posición del secador y el impulsor son siempre las mismas para todas las pruebas: diferentes impulsores darán diferentes resultados, y siempre se podrá encontrar así cuál es el mejor.

- Medir la tensión V y la intensidad I a través de la resistencia R proporcionada según se muestra en la Fig. 4. Para este montaje se necesitan un voltímetro y un amperímetro. La potencia es

$$P = V I$$

El generador enviado, que es como el que se empleará en la competición, es capaz de entregar una potencia del orden de las decenas de milivatios a la resistencia de carga también proporcionada.

- Alternativamente se puede proceder como indica la Fig. 5 pues solo se necesita un voltímetro. En este caso la tensión V se relaciona con la potencia P del generador, que es la que absorbe la resistencia R , mediante la expresión

$$P = \frac{V^2}{R}$$

- Variar la forma y dimensiones del impulsor para conseguir que la potencia P , en W , sea la más grande posible. ¡Ese será el impulsor que habrá que construir durante la competición para intentar ganar!

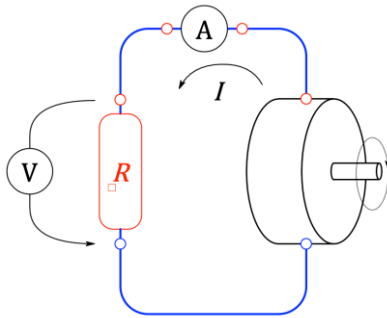


Fig. 4 Circuito de prueba para optimizar el impulsor, empleando un voltímetro y un amperímetro

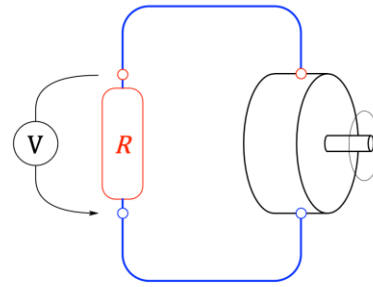


Fig. 5 Alternativa equivalente, usando solo un voltímetro

3.3. Recomendaciones de diseño

1. El impulsor no puede tener un diámetro mayor que el espacio libre para girar que tendrá durante la competición. Ver Fig. 3.
2. Deben ensayarse todas las configuraciones posibles. Para ello se envían bujes capaces de albergar diferente número de palas, que se podrán hacer a partir de materiales distintos y con diferentes formas.
3. Siempre trabajan mejor los impulsores cuanto más equilibrados estén. Aquí la simetría de todas las piezas y la del conjunto ya montado juega un papel muy importante.
4. Las variables a considerar son tres:
 - Número de palas (2, 3, 4 ó 6, dependiendo del buje elegido)
 - Forma y material de las palas
 - Diámetro exterior del impulsor

El número y forma de las palas influirán sobre todo en el par aplicado al generador. El material de las palas y el diámetro del impulsor afectarán sobre todo a la velocidad. Se comprueba enseguida lo enormemente sensible que es el rendimiento ante las más pequeñas variaciones del impulsor.

¡ Ánimo y a probar, ingenieros !

3.4. Vídeo de presentación

Cada equipo podrá publicar (opcionalmente) un video, de una duración máxima de 30 segundos, en las redes sociales de su centro (o de algún integrante del equipo / tutor), mencionando a las redes sociales de la ETS de Ingeniería Industrial de Béjar y de la EPS de Zamora. El video consistirá en una presentación del equipo y su motivación para competir en la IV Olimpiada de Ingenierías Industriales de la USAL.

- 1.- En el video deben de aparecer claramente los tres integrantes del equipo, presentándose a la cámara.



- 2.- Solo será un video de presentación. Podrá aparecer el prototipo diseñado por el equipo.
- 3.- No podrá aparecer ninguna otra persona ajena al equipo.
- 4.- El video se publicará en las distintas redes sociales y el capitán/a de cada equipo compartirá en este formulario, antes del 23 de marzo a las 23:59h, los enlaces a los videos en cada red social.
- 5.- El video mencionará a alguna de las cuentas de RRSS de la ETSII ([Enlace a RRSS ETSII](#) y [EPS de Zamora](#)) (https://www.youtube.com/@EPS_ZAMORA_USAL y https://x.com/EPSZ_USAL?t=5fXjzFWQbt5vsI0gPSTGSQ&s=08).
- 6.- La publicación del vídeo de presentación tendrá una puntuación máxima de **5 puntos, un punto por cada red social en la que se publique (Instagram, TikTok, X, Youtube, Facebook)**.

4. FASE DE CONSTRUCCIÓN

El día de la competición tendrá lugar la recepción de los Equipos, que deberán llegar antes de la hora límite al lugar de Salamanca (capital) que se les haya indicado.

La Organización distribuirá convenientemente a los Equipos y les asignará una mesa, que no deberá sufrir daño permanente alguno. En cada mesa estará esperando el material que la Organización aporta y habrá sitio suficiente para que el Equipo pueda construir el impulsor con el que intentar ganar.

La Organización inspeccionará que no se empleen otras herramientas o materiales distintos de los permitidos en estas Bases. A ella deberán solicitarse recambios de aquellos componentes que resulten defectuosos. Se podrá conseguir, además, hasta otro buje nuevo como máximo, si alguno de los entregados al principio resultara dañado.

La fase de construcción **durará 30 minutos** improrrogables. Es el tiempo en que los miembros del Equipo deberán montar el impulsor con el que quieran competir. No podrán abandonar su mesa en todo ese tiempo. Tampoco podrán recibir ayuda o consejo de terceros.

Al transcurrir el plazo estipulado, el capitán de cada Equipo entregará a la Organización el impulsor que hubieran fabricado en esta fase, y todos pasarán ordenadamente al lugar donde presenciar la fase de ensayo.

5. FASE DE ENSAYO

Esta es la última parte de la competición. La Organización irá probando el impulsor de cada Equipo utilizando uno o más sistemas de ensayo como el mostrado en la Fig. 2, pero siempre el mismo para los competidores de una misma categoría.





La Organización evaluará el impulsor presentado. Si considera que cumple las bases de la competición, el capitán del Equipo procederá a acoplar el impulsor entregado en el eje del motor que hará de generador en el sistema de prueba. Inicialmente el vaso (06) estará vacío.

La Organización activará el flujo de aire y después el temporizador. En ese momento es cuando se cierra el circuito entre el generador y la electrobomba y el agua empezará a pasar del tanque al vaso medidor en cantidad proporcional a la energía eólica convertida por el generador en energía eléctrica. Todos los asistentes podrán comprobar el ensayo del impulsor gracias a las cámaras que captarán lo sucedido con el detalle suficiente.

Al cabo del tiempo, siempre el mismo para todos, el temporizador abrirá el circuito y se detendrá el flujo de agua. La cantidad de agua que haya entonces en el vaso será proporcional al rendimiento alcanzado por todo el sistema, cuya única variable diferente es el impulsor, distinto en cada ensayo. Por tanto, la cantidad de agua en el vaso determinará el rendimiento del impulsor ensayado.

El capitán del Equipo retirará entonces el impulsor y empezará el turno del Equipo siguiente.

Esta prueba será repetida de forma idéntica para cada impulsor y para cada ensayo que deba realizarse. Los resultados determinarán el ganador de cada categoría.



Esta actividad se enmarca en el Plan de Transferencia de Conocimiento Universidad Empresa (Plan TCUE 2024-2027), financiado por la Junta de Castilla y León.