

## Conocimientos básicos Turbinas eólicas

Las turbinas eólicas pertenecen al grupo de las turbomáquinas motrices. La turbina es un componente de la instalación en la que la energía cinética del viento se convierte en energía mecánica a través de un rotor. La energía mecánica propulsa un generador para que genere corriente. La transferencia de energía del viento al rotor se realiza a través de fuerzas aerodinámicas en las palas del rotor. A diferencia de las turbinas hidráulicas, una turbina eólica no tiene ningún distribuidor que acelere el flujo de aire y provoque un flujo incidente óptimo en el rotor.

Las palas del rotor de una turbina eólica son muy parecidas a las superficies sustentadoras de los aviones. El éxito de la turbina eólica estaba estrechamente relacionado con el desarrollo de perfiles aerodinámicos de escasa resistencia para los aviones.

### Diseño de la turbina eólica

Para diseñar una turbina eólica es necesario conocer la **densidad de potencia del viento**. Además, la **potencia de la turbina eólica** y la **TSR** (del inglés: tip-speed ratio) son decisivas para el diseño.

#### Densidad de potencia del viento

En la práctica, resulta esencial determinar qué potencia suministra la turbina eólica con determinadas velocidades del viento. Para diseñar la turbina eólica adecuada se estudian los comportamientos del viento in situ y se calcula el **contenido energético** o la **densidad de potencia del viento**.

La fórmula general para determinar la **energía cinética** de un fluido en movimiento es la siguiente:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Con la densidad del aire se puede definir la **energía específica e**, que está relacionada con el volumen del aire.

$$e = \frac{1}{2} \cdot \rho_L \cdot v^2$$

De aquí se puede deducir la **densidad de potencia p**. Desde el punto de vista físico, la densidad de potencia implica una potencia por unidad de superficie.

$$p = \frac{1}{2} \cdot \rho_L \cdot v^3$$

**E** energía, **m** masa, **v** velocidad del viento,  **$\rho_L$**  densidad del aire, **e** energía específica del viento, **p** densidad de potencia

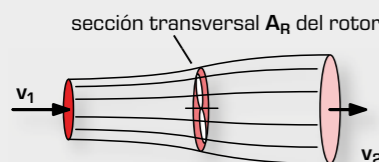
#### Potencia de la turbina eólica

Las fórmulas anteriores hacen referencia a la potencia del viento entrante, antes de que el viento choque con la turbina eólica. Si se incluye la **superficie del rotor  $A_R$**  barrida por el viento, se puede calcular aproximadamente la **potencia P de la turbina eólica** con una velocidad del viento dada **v** mediante la densidad de potencia **p**.

La energía cinética del flujo de aire no puede utilizarse completamente. El flujo de aire/viento choca con  **$v_1$**  en la super-

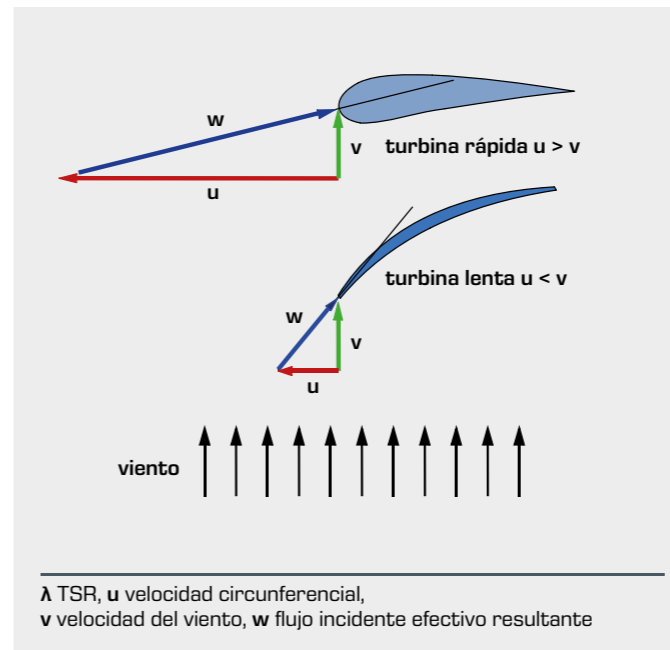
ficie del rotor. Se produce un atasco de aire que provoca la reducción de la velocidad de flujo y permite que una parte del aire entrante se desvíe.

Según la ley de Betz, este valor no puede superar la fracción de 16/27 o el 59,3% debido a la mecánica de fluidos. Esto se tiene en cuenta mediante el **coeficiente de potencia** adimensional  **$c_p$** . Indica la relación de la potencia del viento utilizada respecto a la entrante y se corresponde con el rendimiento de la turbina eólica. El coeficiente de potencia real  **$c_p$**  depende de la turbina y, en el mejor de los casos, alcanza entre 0,4 y 0,5.



$$P = A_R \cdot c_p \cdot p$$

Potencia de la turbina eólica: **P** potencia,  **$A_R$**  superficie del rotor,  **$c_p$**  coeficiente de potencia, **p** densidad de potencia



#### TSR (del inglés: tip-speed ratio)

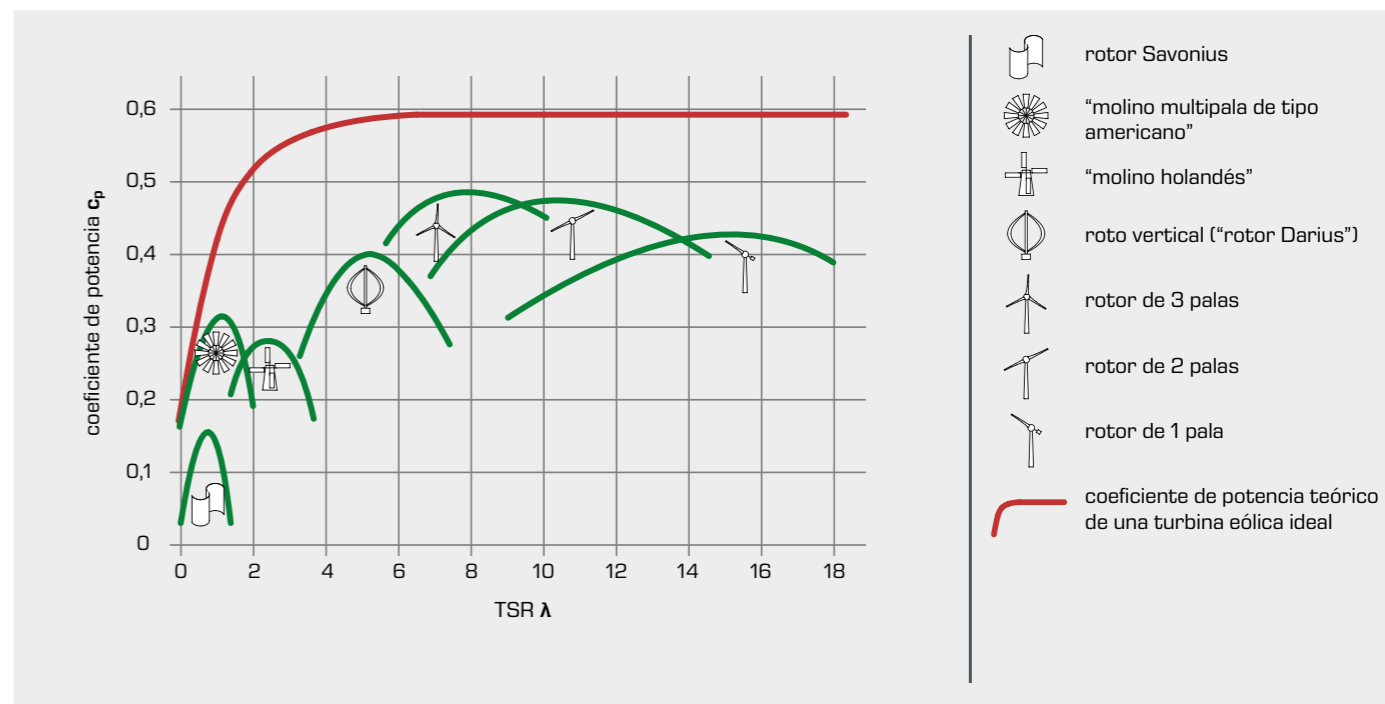
Las turbinas eólicas se caracterizan por la forma y el número de palas del rotor. La forma y el diseño de las palas del rotor son decisivas para la TSR de la turbina. La **TSR  $\lambda$**  es la relación entre la velocidad circunferencial **u** y la velocidad del viento **v** en dirección axial.

$$\text{TSR} \quad \lambda = \frac{u}{v}$$

Las velocidades hacen referencia al extremo de la pala del rotor. En este caso, **w** es el flujo incidente resultante de la pala del rotor.

Las turbinas eólicas modernas están diseñadas como turbinas rápidas, mientras que el rotor Savonius o el molino multipala de tipo americano son turbinas lentas.

### Coeficiente de potencia en función de la tsr para distintas turbinas eólicas en comparación con el valor ideal



Cuanto más alta sea la TSR, mejor debe ser el perfil aerodinámico de la pala del rotor. De lo contrario, las fuerzas de resistencia vuelven a agotar los posibles coeficientes de potencia altos. El rotor de 3 palas se considera el modelo óptimo, también

desde el punto de vista de las oscilaciones. Los rotores con un funcionamiento muy rápido tienen, sin embargo, rendimientos más bajos.