

# REDUCCIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS EOLICOS

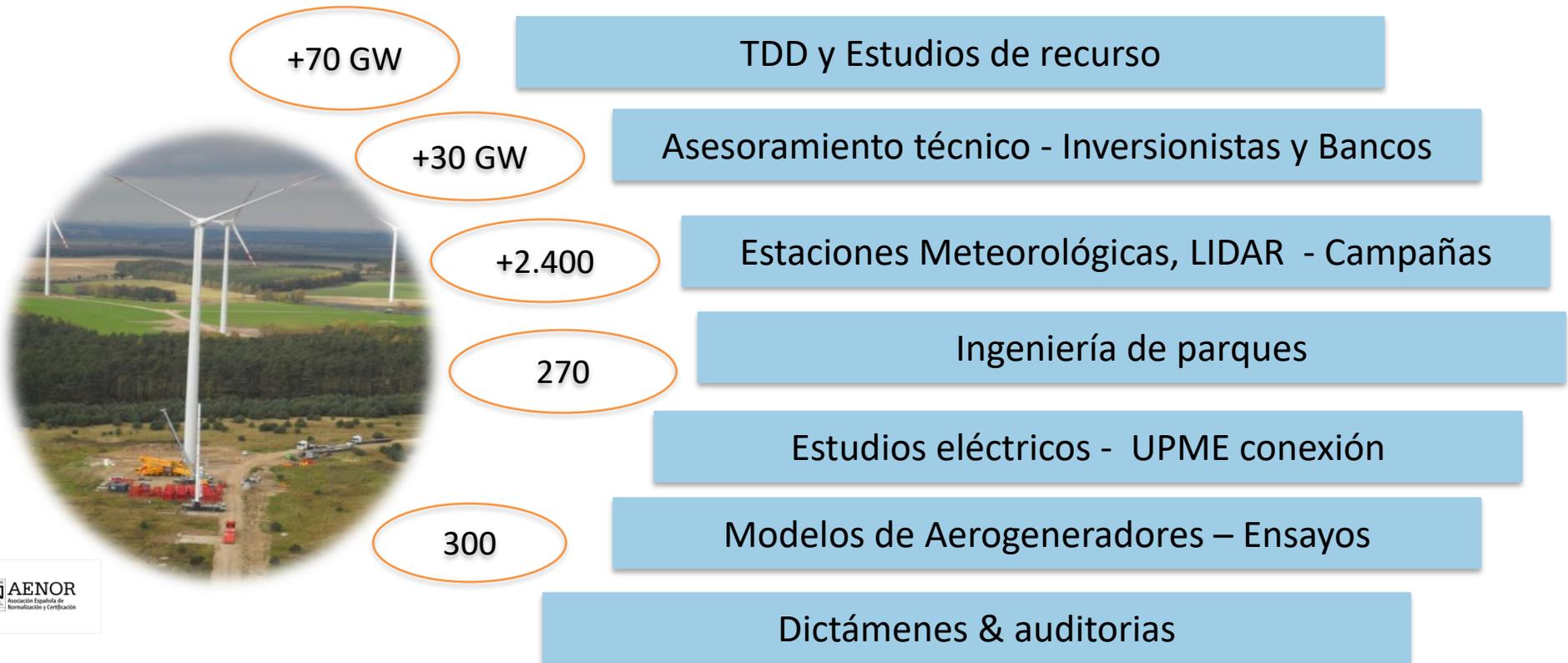
**Barranquilla, 18-04-2024**

***Ana Maria Serna Florez***  
***Global Key Account Manager - Country Manager***



# ¿Quiénes somos?

**BARLOVENTO** - firma internacional de consultoría independiente especializada en proyectos eólicos y fotovoltaicos, fundada en 1998 en Logroño, España.

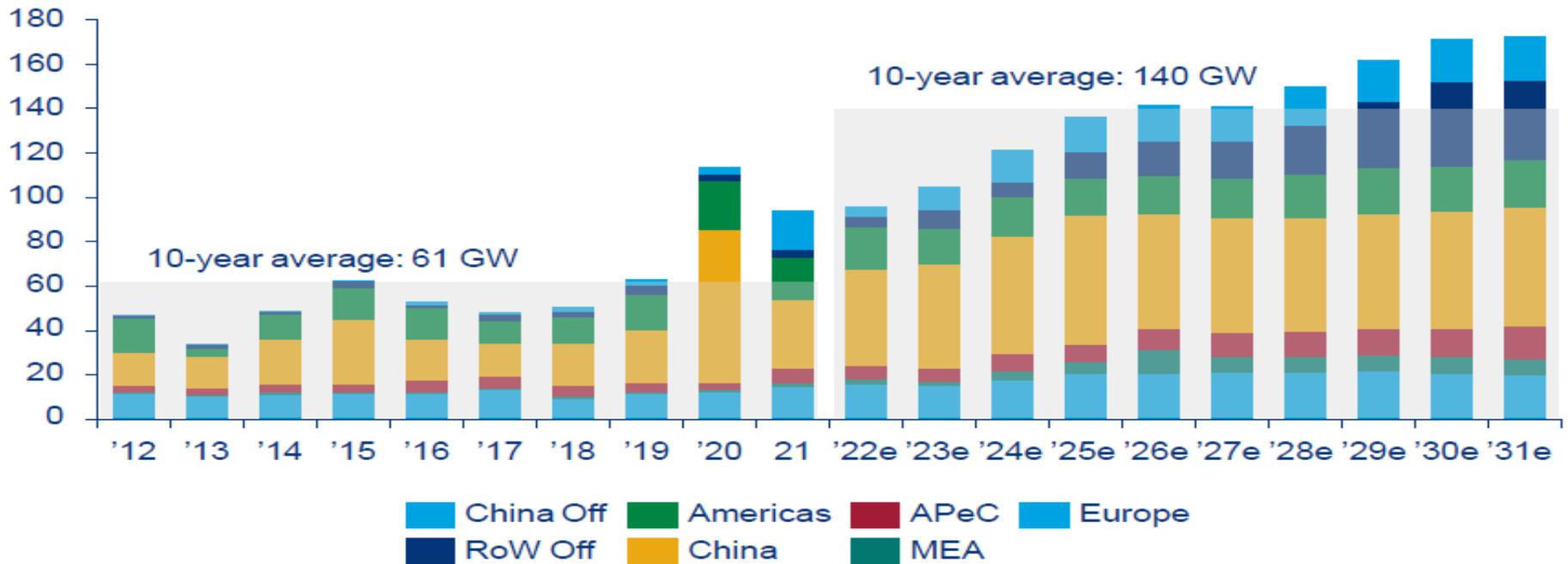


# ESTADO ACTUAL DE LA ENERGIA EOLICA

El uso de las energías renovables está en **continuo crecimiento**, entre ellas la energía **eólica** es una de las principales, sin embargo, son de grande inversión y, por ende, es necesario garantizar su **rentabilidad**.

### Global wind power demand outlook 2012-2031e

(GW)



Source: Wood Mackenzie

# COLOMBIA: SUBASTAS DE ENERGIA - EOLICA

- La tecnología **eólica** fue participe en los resultados de las subastas de energía del **2019**, con 6 proyectos de energía eólica que representan una potencia instalada de 1077 MW, con un precio promedio de 95,65 \$/kWh que estaba \$50 por debajo del costo de generación promedio en ese momento.
- Hay 16 proyectos de parques eólicos en desarrollo tan solo en La Guajira.

De **2017 a 2021** las energías renovables crecieron 80%, pero de **2020 a 2023** solo aumentó 5,4%. La tecnología eólica no ha participado en este crecimiento (solo 2 parques en el país – 1 desmontado). El gobierno nacional espera contar para **2032** con 65 parques (eólicos y solares) en funcionamiento, lo que significaría una inversión que puede superar US\$ 6.000 millones.

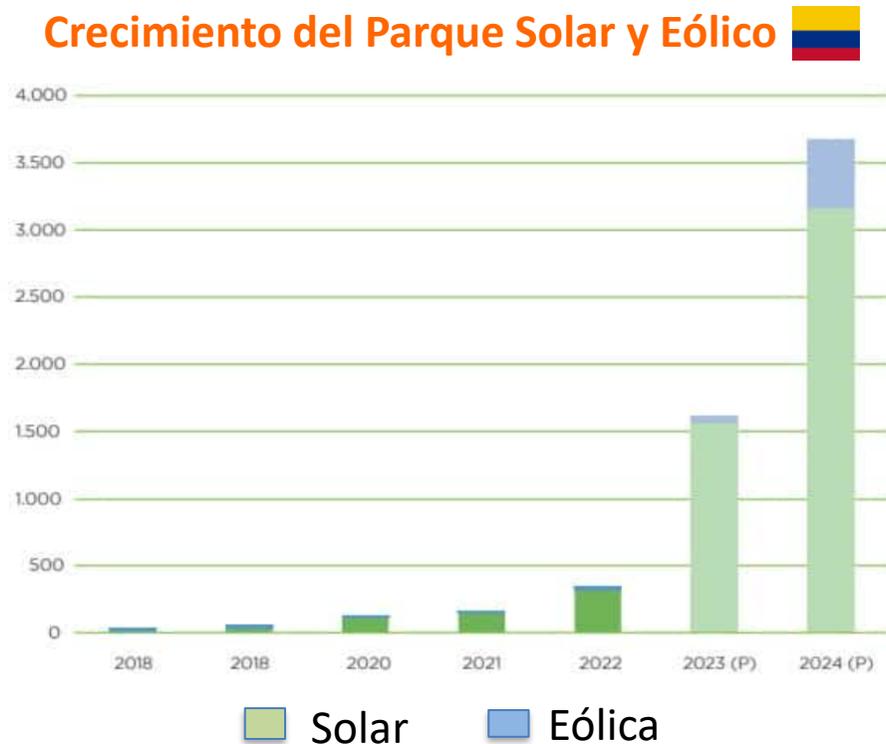
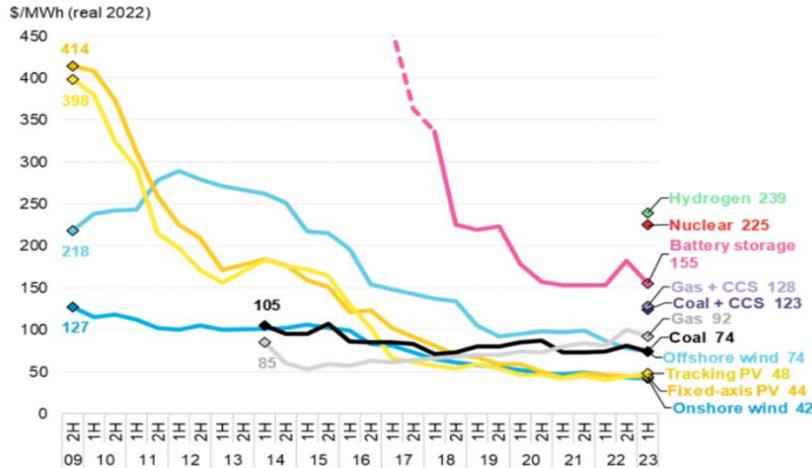


Figure 1: Global leveled cost of electricity benchmarks, 2009-2023



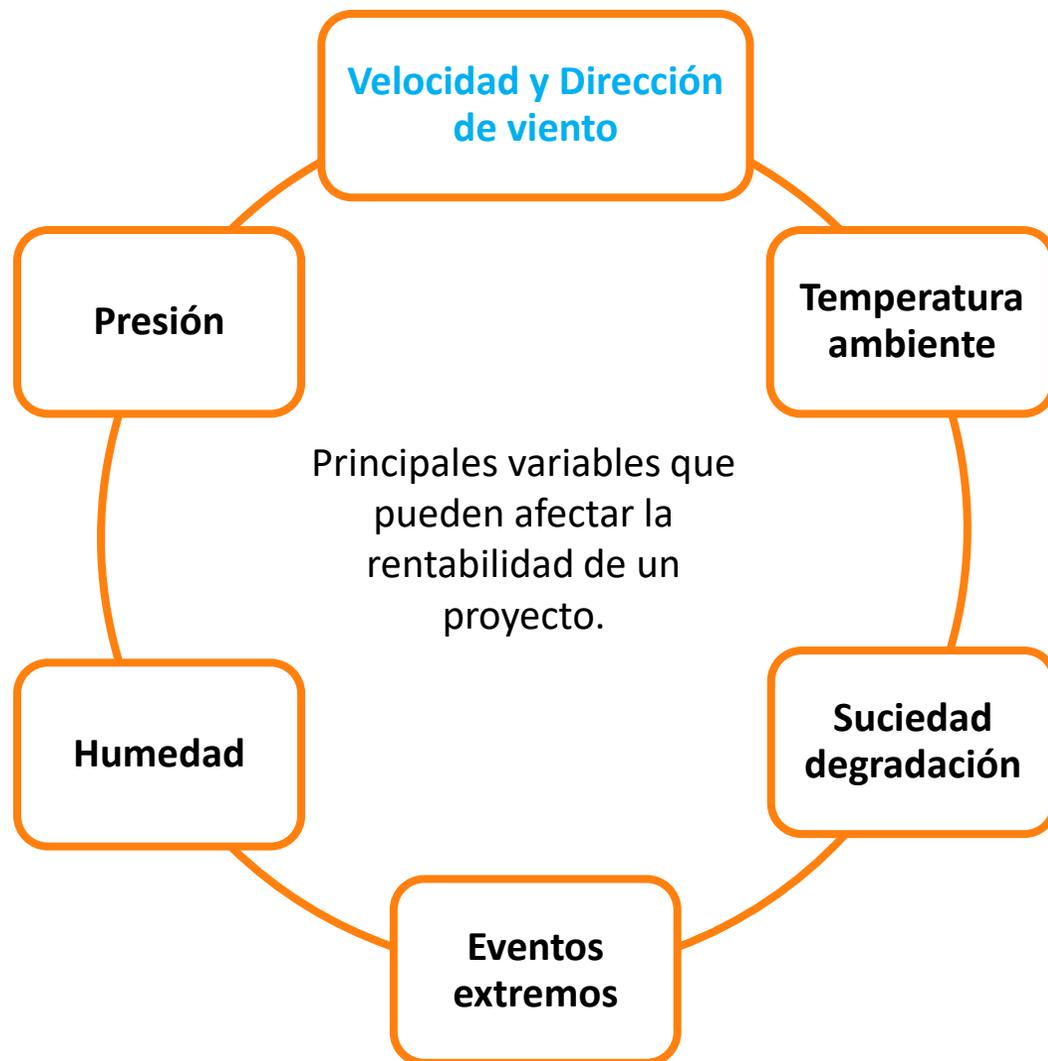
Fuente: BNEF

Los proyectos eólicos necesitan una inversión considerable, y se hace necesario determinar con la mayor precisión posible las variables meteorológicas que afectan al funcionamiento de la planta, reduciendo de esta forma las incertidumbres del proyecto.

El coste de los proyectos de energía eólica depende de muchos factores. Entre ellos, el país de implementación, las adquisiciones necesarias, etc. Aproximadamente el coste por megavatio de potencia total instalada oscila entre **1,2 y 1,5 millones de euros**.

Los proyectos de energía renovable más baratos en 2023 se encontraban en China, logrando un **LCOE de \$23/MWh** para los mejores parques eólicos terrestres de su clase, \$50/MWh para la energía eólica marina y \$31/MWh para los parques fotovoltaicos de eje fijo.

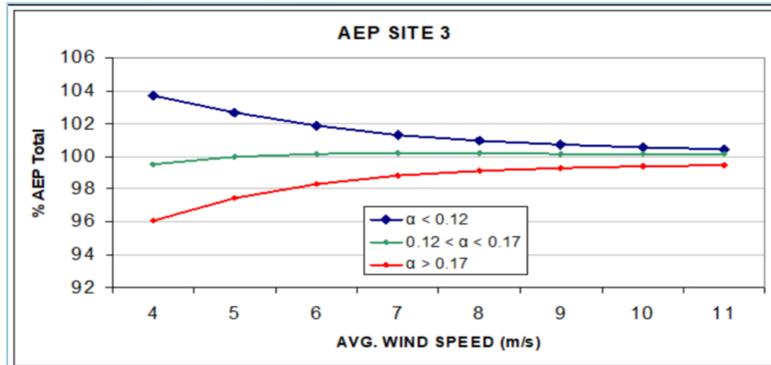
En 2022, el LCOE de la energía eólica marina de China era de 91 \$/MWh, a la par de los costes globales.



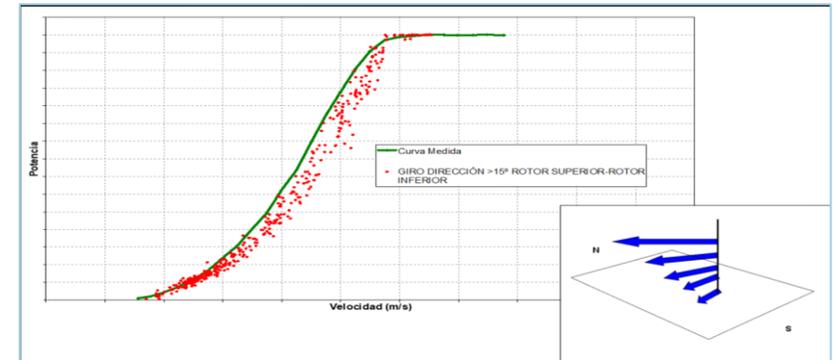
- Estimación energética
- Diseño
- Disponibilidad
- Perdidas

Una incorrecta o **nula medición de algunas variables meteorológicas** puede reflejarse en riesgos de bajas de rendimiento en la producción, mayores fallos (error en la clasificación del emplazamiento), diferencia entre la estimación vs modelo financiero, etc.

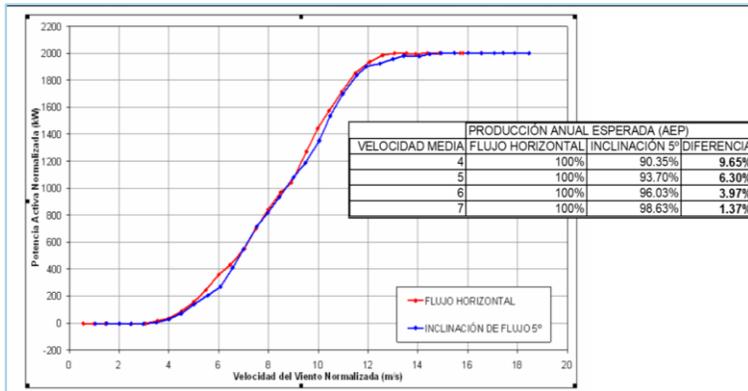
## Perfil vertical



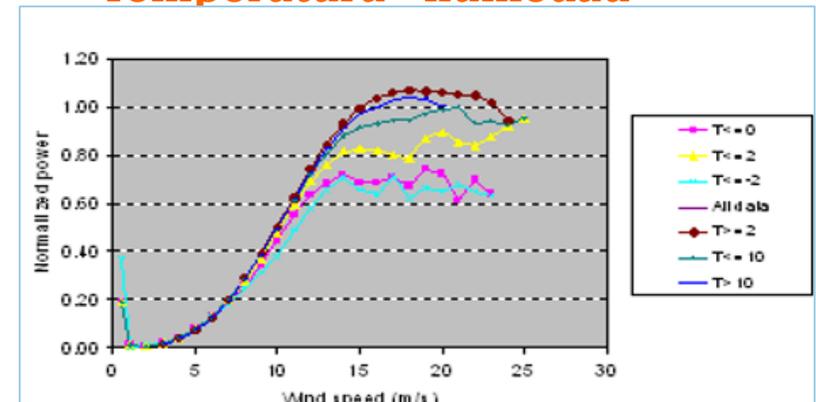
## Dirección del viento



## Inclinación de flujo



## Temperatura - humedad



# Estimación del Recurso

Para estimar el recurso eólico y resto de variables meteorológicas que afectan al funcionamiento de un proyecto de parque eólico, se consideran diferentes bases de datos / metodologías:

- Modelos de Campo de viento



- Observatorios: (aeropuertos, IDEAM Col)



- Satelitales



- Series virtuales

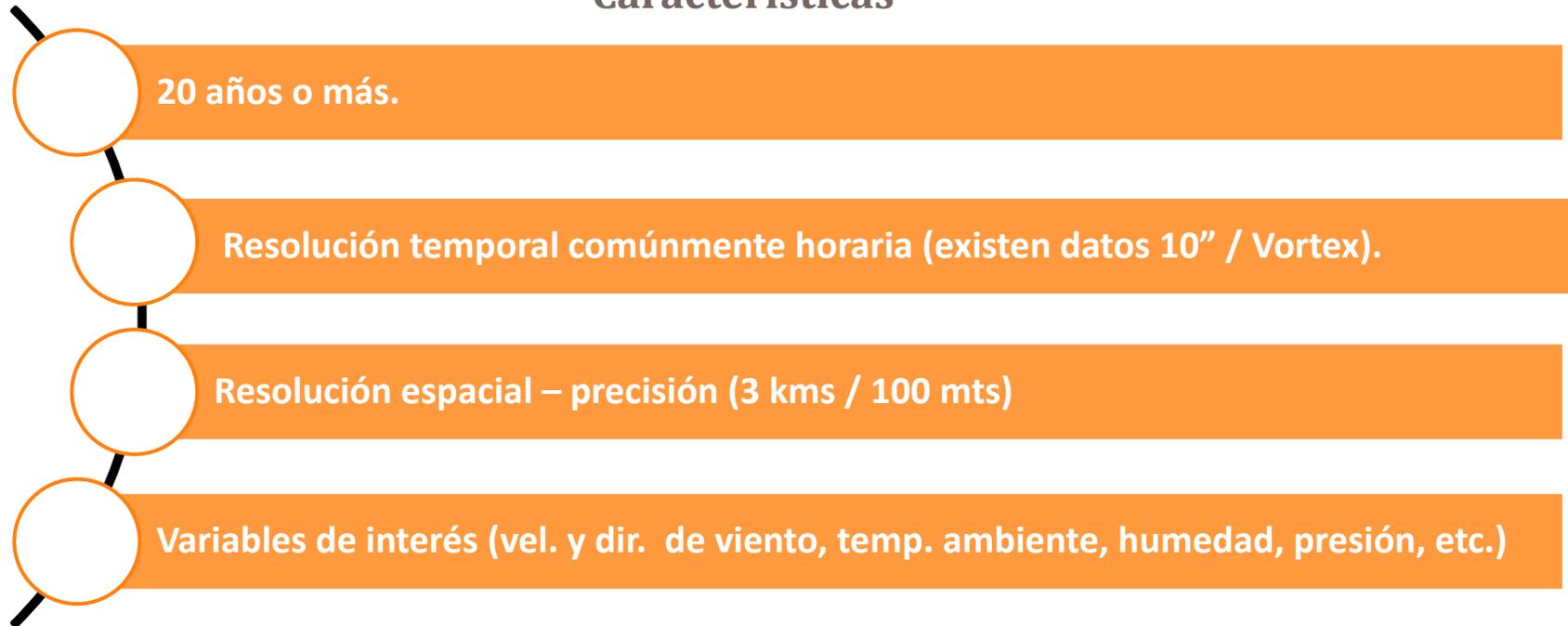


- **Campañas de medida**

Algunos de los proyectos desarrollados, se analizan **de forma preliminar** para verificar viabilidad, sin tener en cuenta medidas en el propio emplazamiento. No obstante, es necesario para la bancabilidad y disminución de riesgos, realizar campañas de medición.

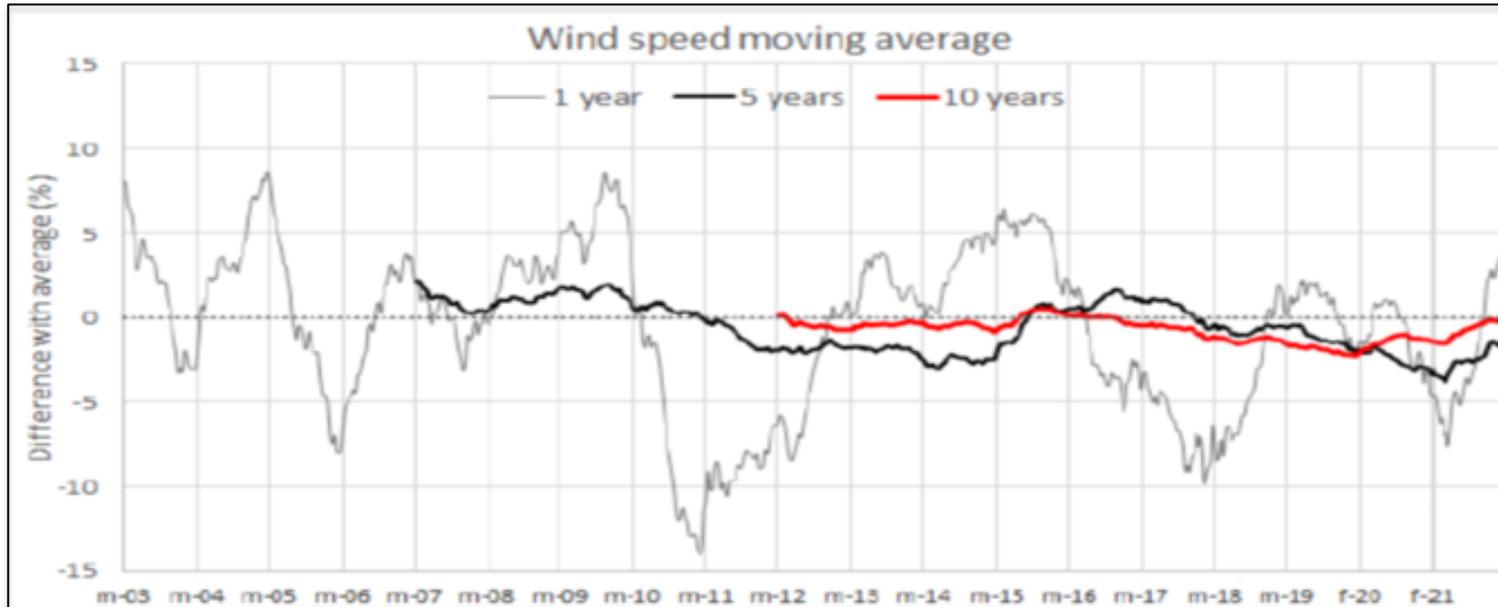
Se han convertido en un estándar a la hora de realizar estimaciones y son resultado de incorporar a modelos físicos las medidas obtenidas mediante imágenes satelitales, en superficie, y datos de reanálisis y/o modelos globales.

## Características



# Desviaciones

El empleo de series virtuales conlleva desviaciones, en ocasiones significativas, respecto a lo medido en el emplazamiento.



| Period   | Maximum deviation (%) | Minimum deviation (%) | Standard deviation (%) |
|----------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 year   | 8.7                   | -14.0                 | 4.77                   |
| 5 years  | 2.2                   | -3.8                  | 1.48                   |
| 10 years | 0.6                   | -2.2                  | 0.64                   |

# Desviaciones

| RESULTADOS  |   |                        |                 |                  |               |
|---|---|------------------------|-----------------|------------------|---------------|
|   | Aspecto Analizado                                     | Valor Pre-constructivo | Valor Actual    | Factor de Ajuste | Porcentaje    |
| Producción Bruta - Largo Plazo                            | Estimación largo plazo*                               | 7.61 m/s               | 7.63 m/s        | -                | -             |
|   | Campo de viento                                       | -                      | 0.970           | 0.970            | -3.0%         |
|   | Bloqueo y modelo de estelas                           | -                      | 0.953           | 0.953            | -4.7%         |
|   | Incumplimiento de curva                               | 0.980                  | 0.974           | 0.994            | -0.6%         |
|   | Condiciones específicas del sitio                     | -                      | 0.956           | 0.956            | -4.4%         |
|   | Otros (Nota 1)  | -                      | -               | 0.967            | -3.3%         |
| <b>PRODUCCIÓN BRUTA TEÓRICA (MWh/año)</b>                 |   | <b>591860</b>          | <b>502956.1</b> | <b>0.850</b>     | <b>-15.0%</b> |
| Escenario de Producción a Largo Plazo                     |   |                        |                 |                  |               |
| Producción Neta - Largo Plazo                             | Disponibilidad aerogeneradores y degradación de palas | 0.954                  | 0.970           | 1.016            | 1.6%          |
|   | Histéresis  | 0.999                  | 0.999           | 1.000            | 0.0%          |
|   | Estrategia de sombras                                 | -                      | 0.999           | 0.999            | -0.1%         |
|   | Pérdidas eléctricas                                   | 0.975                  | 0.977           | 1.002            | 0.2%          |
|   | Limitación de potencia                                | -                      | 0.923**         | -                | -             |
|   | Otros (Nota 2)  | -                      | 0.999           | 0.999            | -0.1%         |
| <b>PRODUCCIÓN NETA EN SUBESTACIÓN ELÉCTRICA (MWh/año)</b> |   | <b>550109</b>          | <b>474919.1</b> | <b>0.863</b>     | <b>-13.7%</b> |

**Desviación interanual de hasta 15% en velocidad.**

Las incertidumbres asociadas en una campaña de medida de calidad son significativamente inferiores a su contraparte virtual.

**Datos virtuales → +20 %      Campaña de medidas (1año) → 14%    +1 año → 10%**

La estimación de las velocidades es más fiable al contar con medidas en el emplazamiento. Este cálculo tiene repercusión directa en el dimensionamiento y coste.

| Source of uncertainty                 | Reference for details |              | Uncertainty in wind speed |              |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------|---------------------------|--------------|
|                                       |                       |              | Long-term                 | 1 year       |
| Wind measurements                     | Calibration           | Section 4.3- | 3.0 %                     | 3.0 %        |
|                                       | Mounting              |              |                           |              |
|                                       | Anemometers           |              |                           |              |
|                                       | Terrain complexity    |              |                           |              |
| Data filtering and correction         | Section 4.3-          |              | 0.5 %                     | 0.5 %        |
| Long-term assessment                  | Section 6             |              | 3.0 %                     | 3.0 %        |
| Wind profile                          | Section 5.4-          |              | 1.5 %                     | 1.5 %        |
| Wind field model                      | Section 9             |              | 4.0 %                     | 4.0 %        |
| Period wind speed variability         | Section 6             |              | -                         | 4.8 %        |
| <b>AVERAGE WIND SPEED UNCERTAINTY</b> |                       |              | <b>6.0 %</b>              | <b>7.7 %</b> |

| Source of uncertainty                | Comment   | Energy production Uncertainty |               |               |               |
|--------------------------------------|---|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                      |   | Long-term                     | 1 year        | Long-term     | 1 year        |
| Available wind resource <sup>3</sup> | See section 10.1-   | 10.1 %                        | 12.9 %        | 9.2 %         | 11.7 %        |
| Air density                          | See section 10.2-   | 1.0 %                         | 1.0 %         | 1.0 %         | 1.0 %         |
| Power curve                          | Used power curve is for ideal and controlled conditions, that don't occur in real projects. | 5.5 %                         | 5.5 %         | 5.5 %         | 5.5 %         |
| Wakes                                | Used wake model is subject of uncertainty, which increases as wake values increase.         | 1.0%                          | 1.0 %         | 1.0%          | 1.0 %         |
| Technical and operational losses     | See 11.2.3.-  | 1.0 %                         | 1.0 %         | 1.0 %         | 1.0 %         |
| <b>TOTAL</b>                         |   | <b>11.6 %</b>                 | <b>14.1 %</b> | <b>10.8 %</b> | <b>13.0 %</b> |

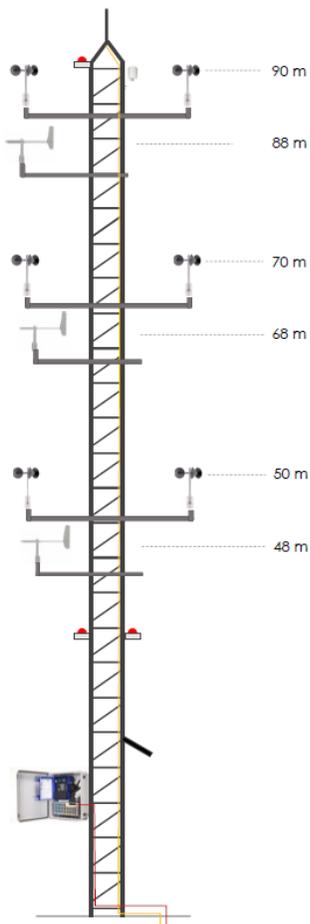
**Barlovento** recomienda invertir en campañas de medidas para minimizar incertidumbres y lograr reducir riesgos en los proyectos.

Una configuración básica para una estación anemométrica debe contemplar los siguientes sensores:

- **Anemómetro**
- **Veleta**
- **Termómetro**
- **Higrómetro**
- **Barómetro**
- **Termohigrómetro**



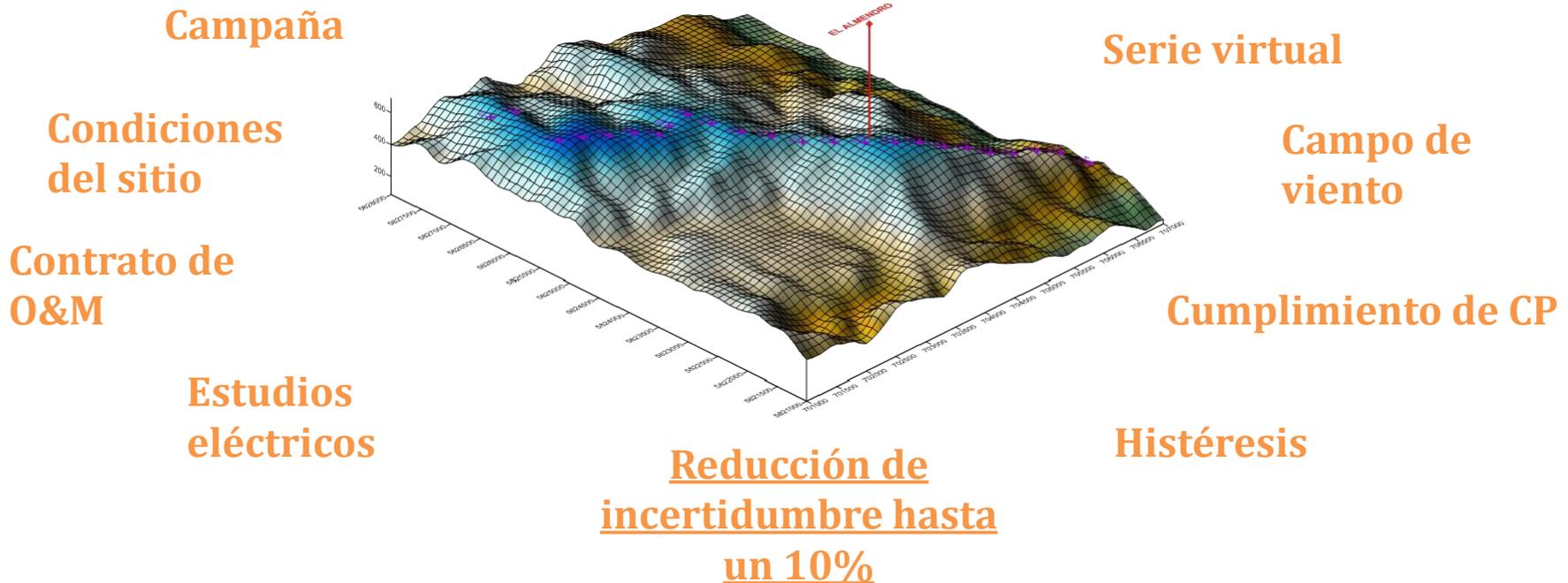
# Estación Anemométrica



# Conclusiones

La estimación del recurso eólico y de las variables meteorológicas que han llevado a cabo medidas en el emplazamiento del proyecto, junto con series virtuales (largo plazo), reducen el error en la estimación de la producción futura de la planta y disminuyen igualmente el riesgo de problemas debido a eventos extremos.

Las incertidumbres totales de un proyecto medio se pueden ver **reducidas** en aproximadamente un **8%** al contar con una correcta campaña de medidas.



---

# **!Muchas Gracias!**

*Ana Maria Serna Florez*

*[aserna@barlovento-recursos.com](mailto:aserna@barlovento-recursos.com)*

*Tel. (+57) 316.051.8561*

