ECOCLIMASOL

CLIMATE RISK MANAGEMENT SOLUTIONS

Creada y dirigida por Jean-Philippe Boulanger

Ganador del Concurso KickStart
de Innovación Latinoamericana 2011

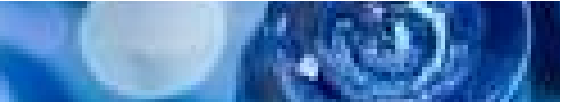
Premiado
del Concurso Empretec 2012
del Banco Nación

Andrés Farall

Responsable de desarrollos metodológicos

incubacen

Incubadora de Empresas de Base Tecnológica



Visión global e interdisciplinaria para un asesoramiento integral

Propuesta

Brindamos a nuestros clientes soluciones tecnológicas y científicas que analizan el impacto del clima en su negocio, con el fin de mejorar la toma de decisiones y la productividad de su sector.

EcoClimaSol
Climate Risk Management Solutions

tiene el apoyo de organismos de investigación reconocidos a nivel internacional.

Equipo

Nuestros profesionales cuentan con experiencias comprobadas en programación científica, análisis estadístico, sustentabilidad y climatología.

cnrs

CONICET

IRD
Institut de recherche pour le développement

Universidad de Buenos Aires

Estrategia R&D

La estrategia de ECOCLIMASOL es de posicionar la empresa como un actor formado por la investigación pública y dedicado al desarrollo y la implementación de soluciones de gestión de riesgos climáticos.

Su objetivo es crear colaboraciones fructiferas de largo plazo con centros de investigación climática y empresas innovadoras con actividades complementarias.

El capital de ECOCLIMASOL se construye sobre la excelencia de su personal.

CIMA-ECOCLIMASOL

CIMA

CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PRONÓSTICO DE VIENTO

Modelos de

pronósticos de vientos y de producción de energía

Cálculo y entrega operacional

Datos de viento

Pronósticos de producción

CAMMESA

Datos de producción

OPERACIONES y ATENCIÓN

ECOCLIMASOL

CALIBRACIÓN y VALIDACIÓN DEL PRONÓSTICO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Nuestro Equipo

Carlos Carreras

J.P. Boulanger

Andrés Schwarz

Elvira Gentile

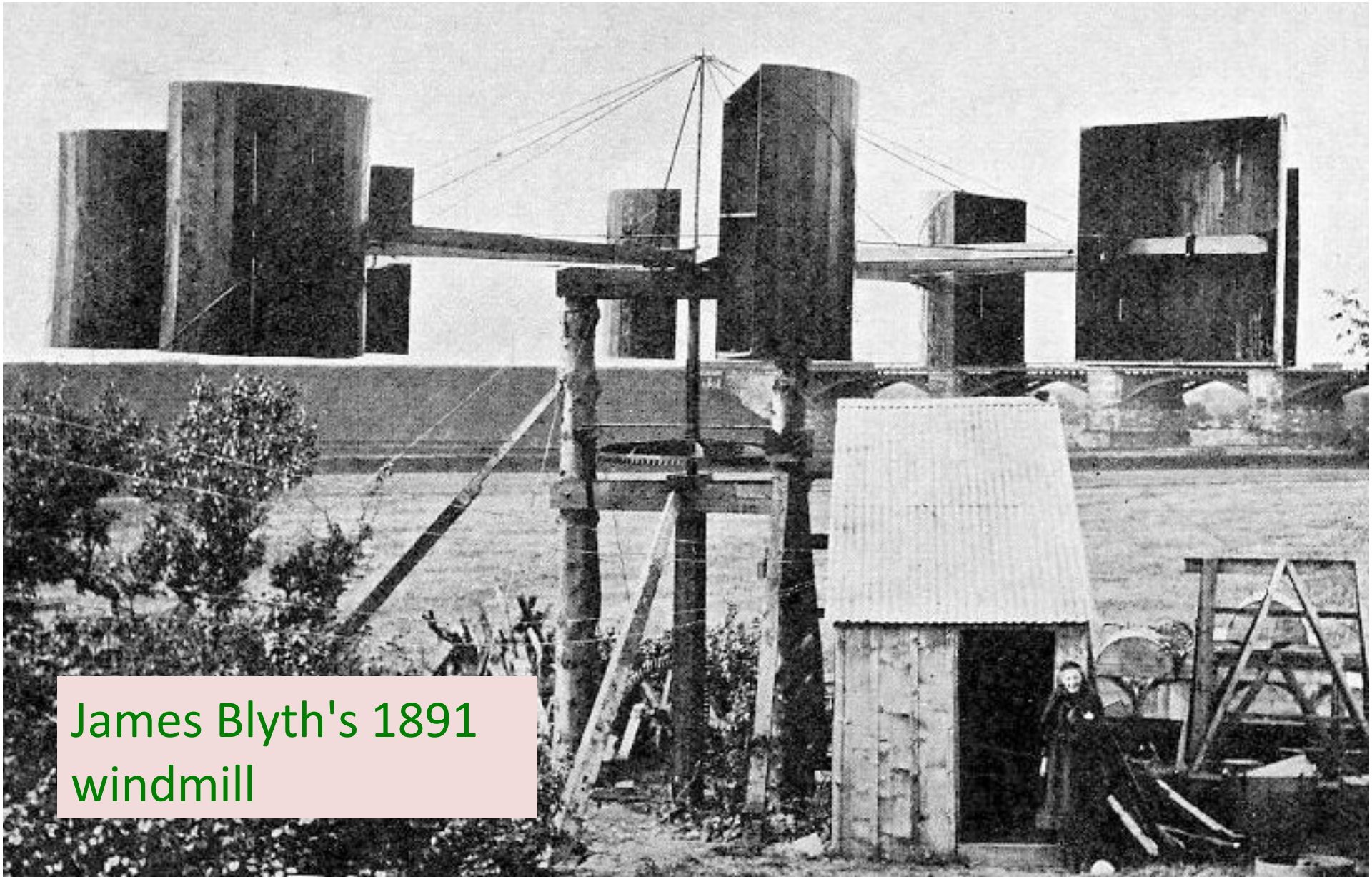
Mauricio Abadie

Andrés Farall

Corinne Petrelli

Cecilia Oliva

Historia de la energía eólica …. mucha !



James Blyth's 1891 windmill

Pronósticos operacionales
para parques eólicos en Argentina provistos a CAMMESA

Consorcio público-privado CIMA-ECOCLIMASOL

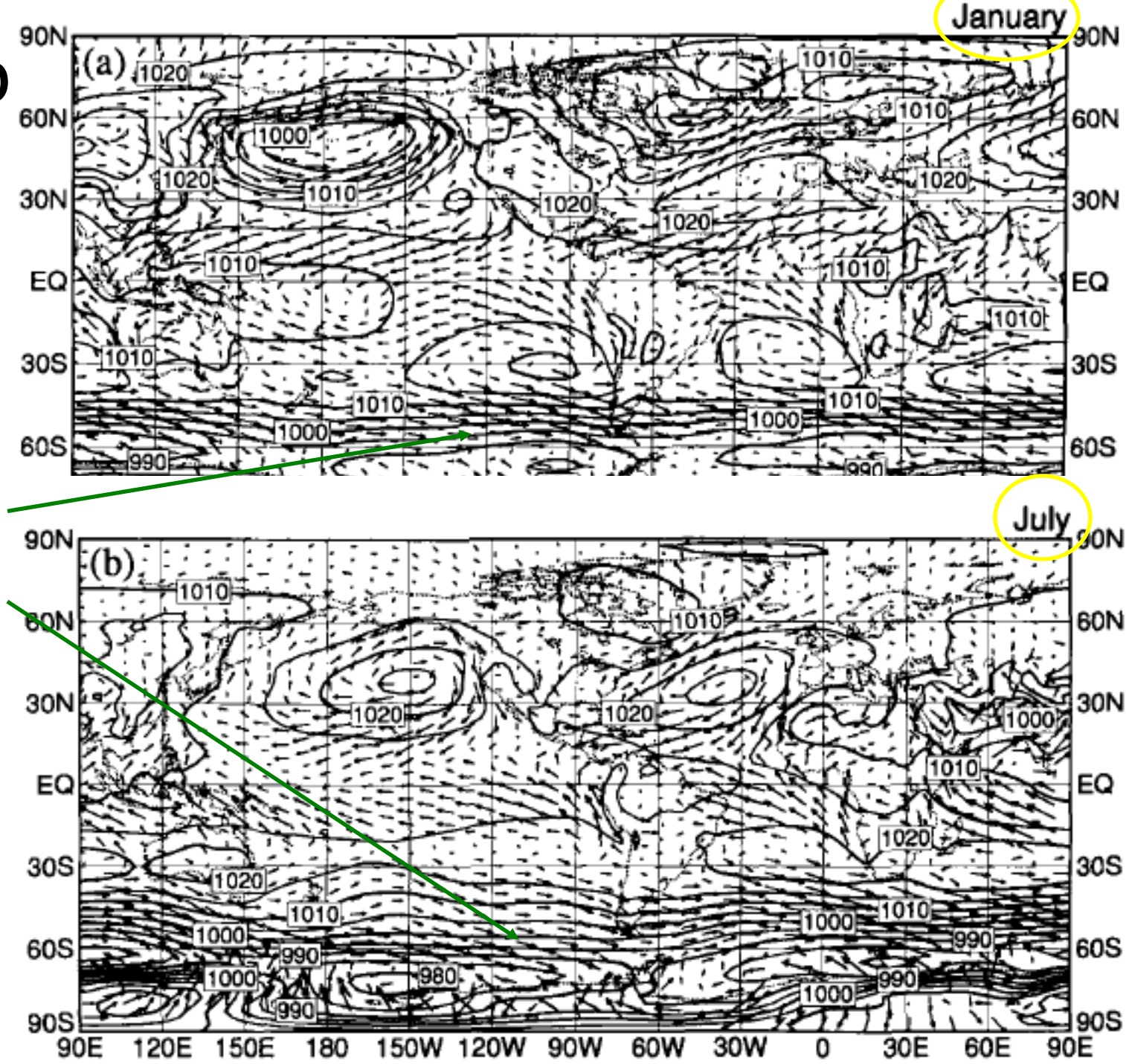
Arauco: 24 molinos de 2.1 MW

Pronósticos de corto plazo con detalle horario de la producción eléctrica del parque eólico de Rawson

Rawson: 43 molinos de 1.8MW

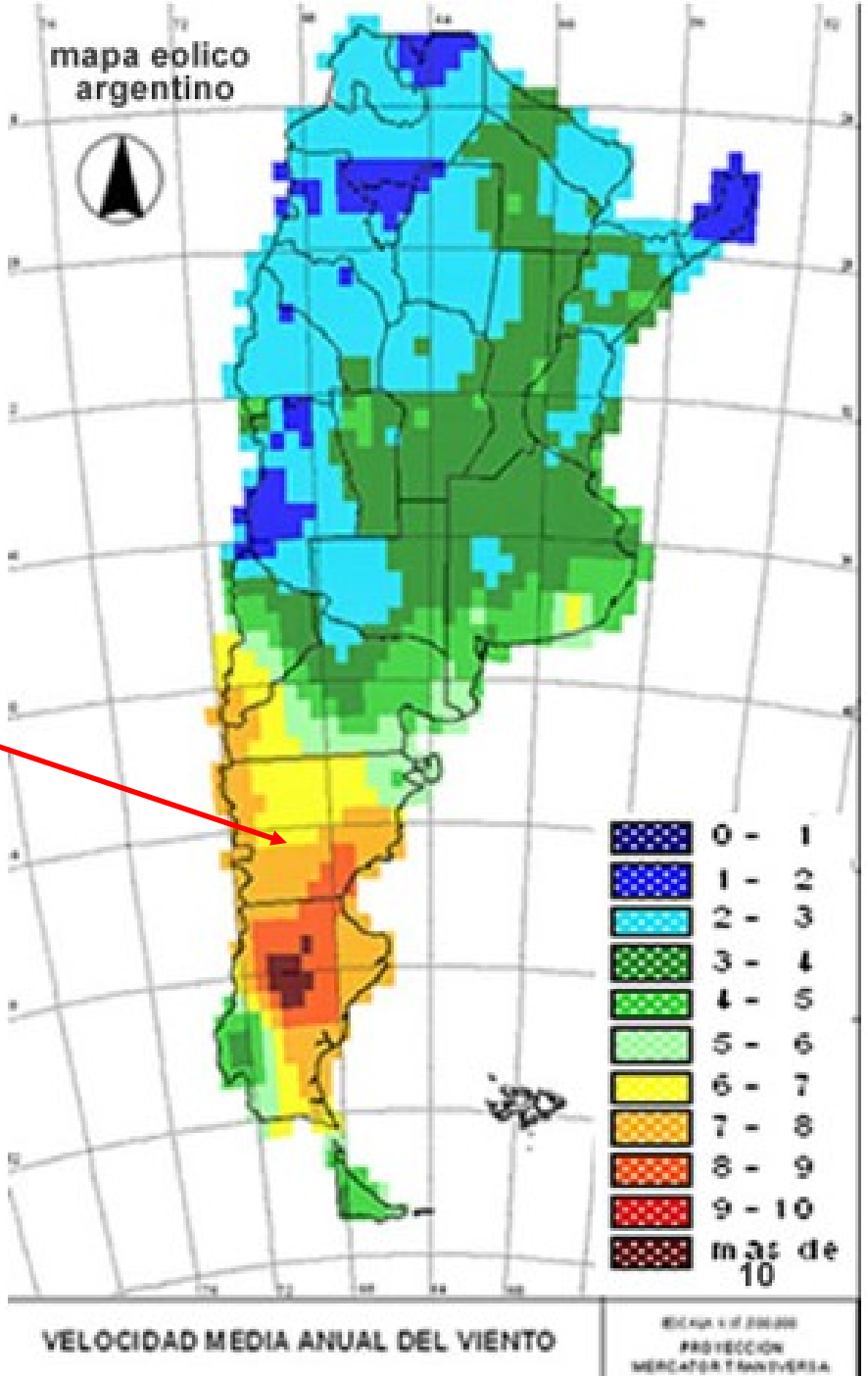
El viento como recurso

Vientos del oeste permanentes



El recurso eólico en Argentina

Máximos locales en la patagonia



$$KE = \frac{1}{2} \times M \times V^2$$

Air density

$$M = \rho \times \text{Vol} \qquad \text{Vol} = A \times D$$

Depth

Area

$$KE = \frac{1}{2} \times (\rho \times A \times D) \times V^2$$

Time

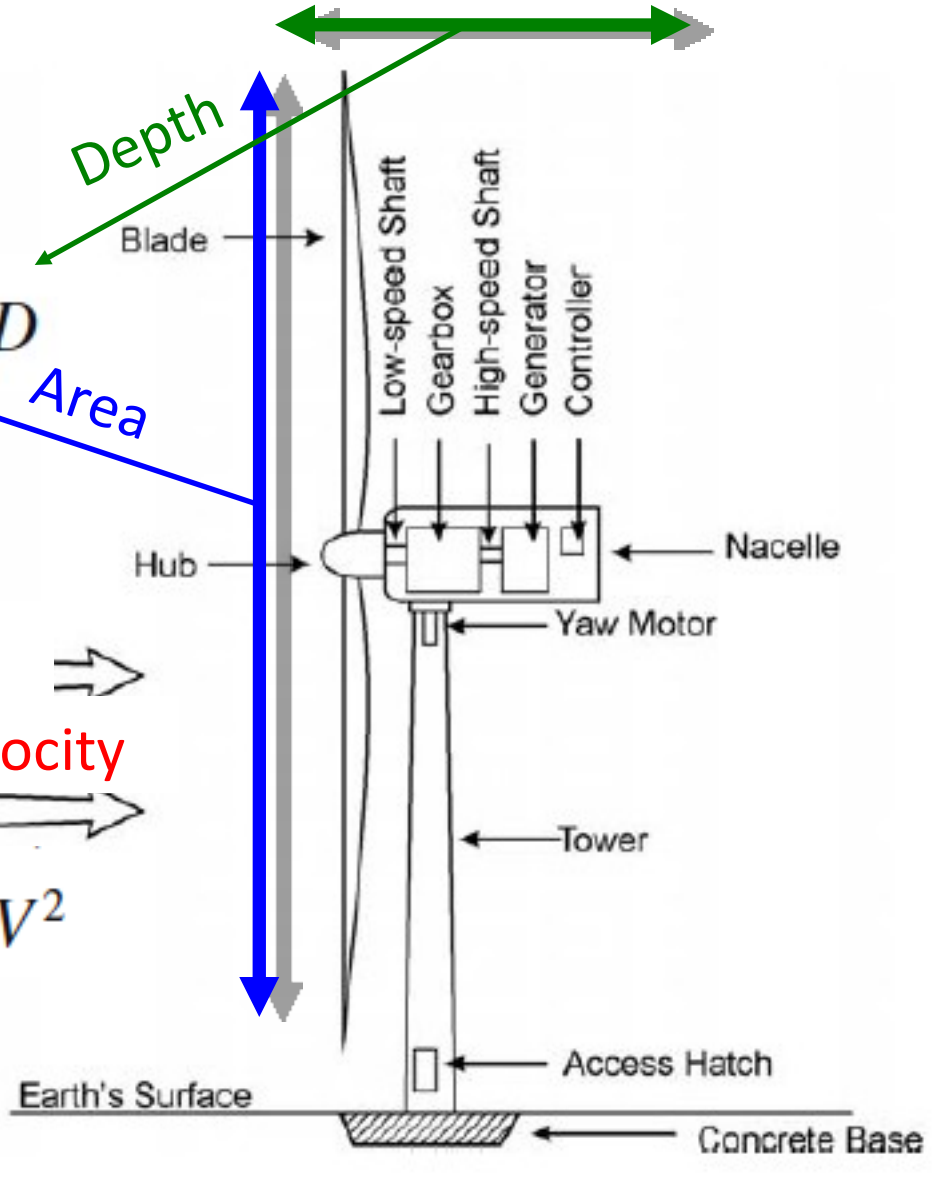
$$D = V \times T$$

Wind Velocity

$$KE = \frac{1}{2} \times (\rho \times A \times V \times T) \times V^2$$

$$KE = \frac{1}{2} \times (\rho \times A \times V^3 \times T)$$

$$\text{Power} = \left(\frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \times T\right)/T$$



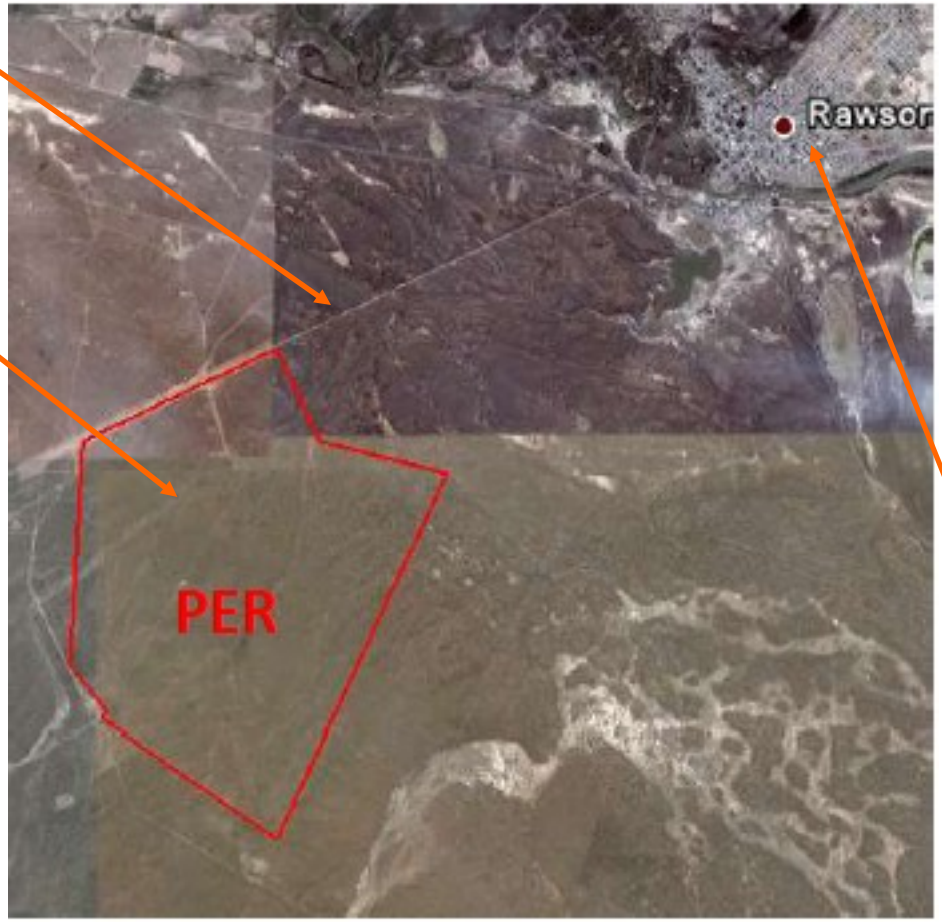
Parque Eólico de Rawsor

Parque conectado al SADI, cuenta con 43 Aerogeneradores brindando 80 MW de potencia máxima

Ubicación del parque Rawson

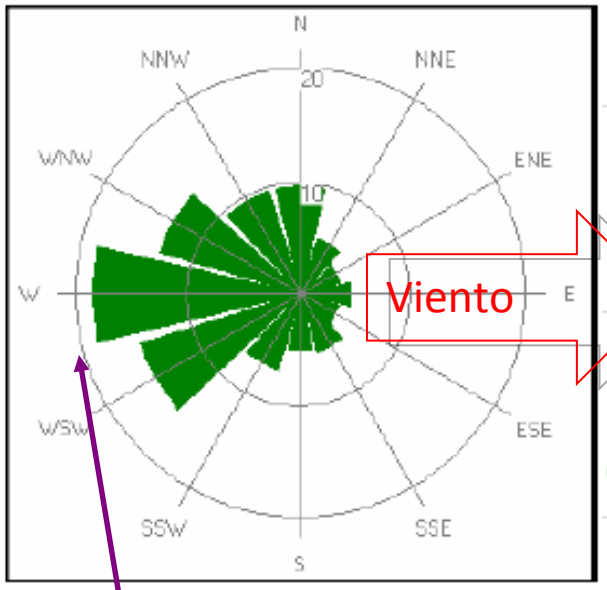
Ruta Provincial Nro 1 Km 154.4

Parque de 1500 hectareas

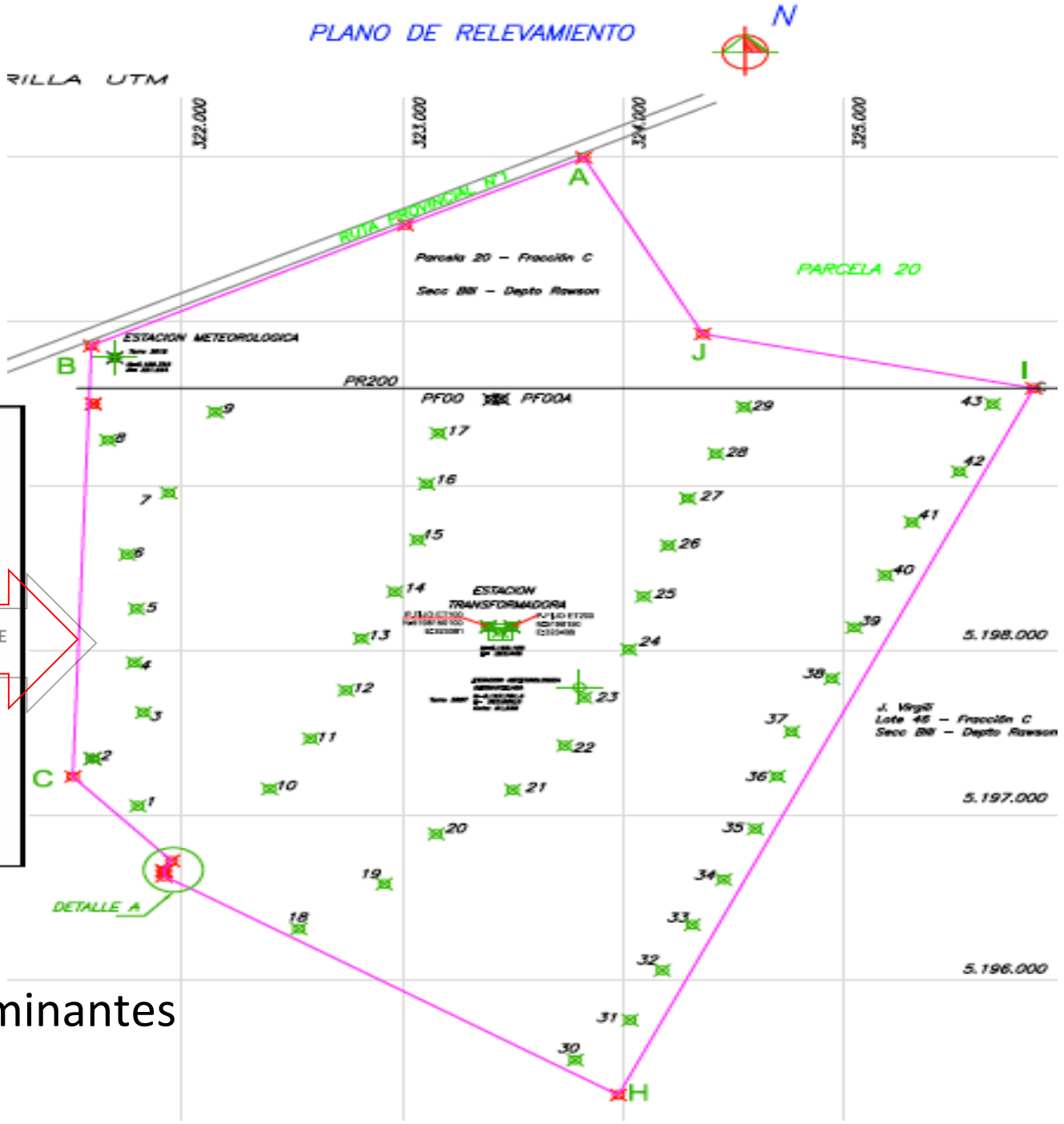


Situado a 8 Km de la ciudad de Rawson

El parque eólico de Rawson



Vientos predominantes del oeste

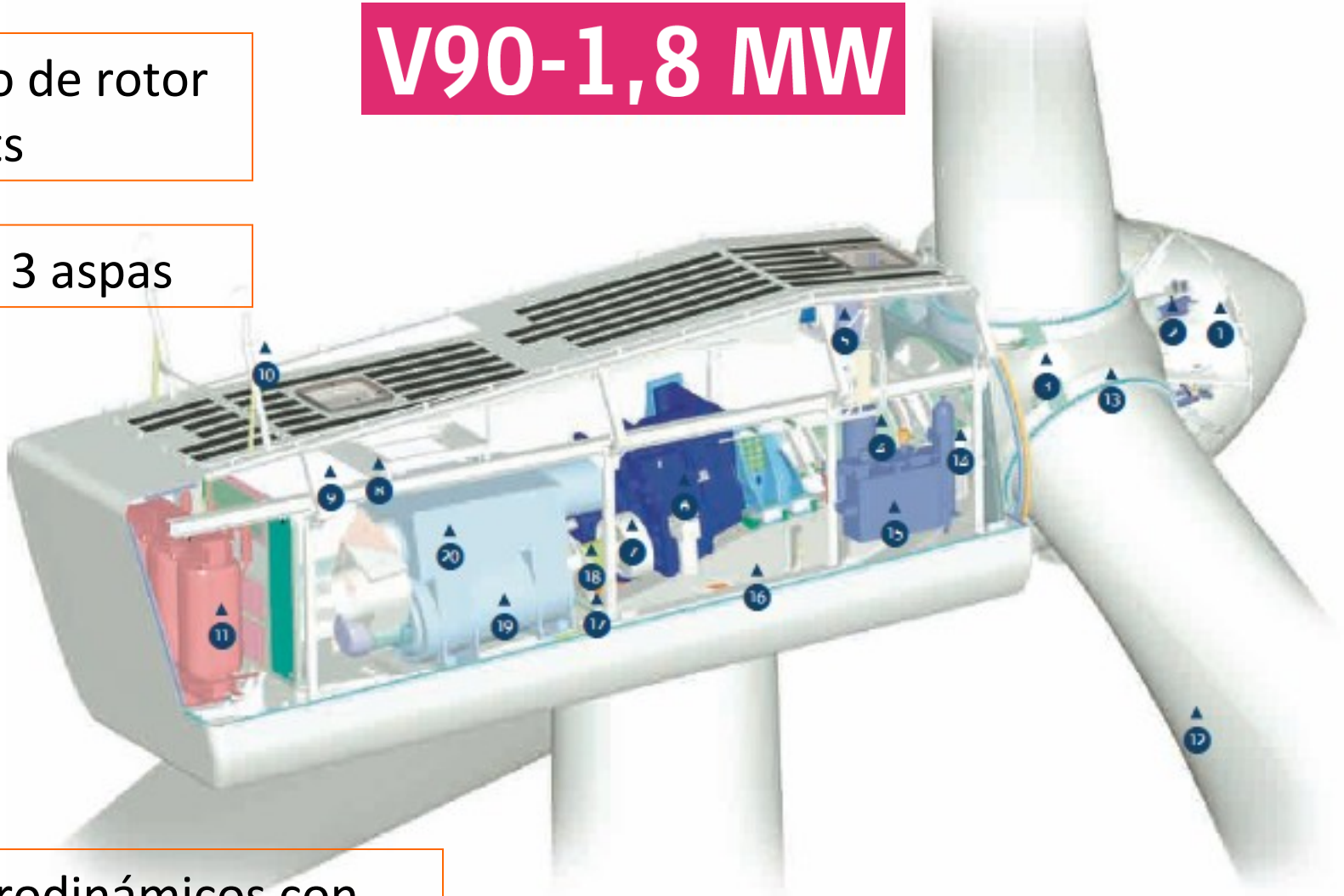


El aerogenerador

V90-1,8 MW

Diametro de rotor de 90 mts

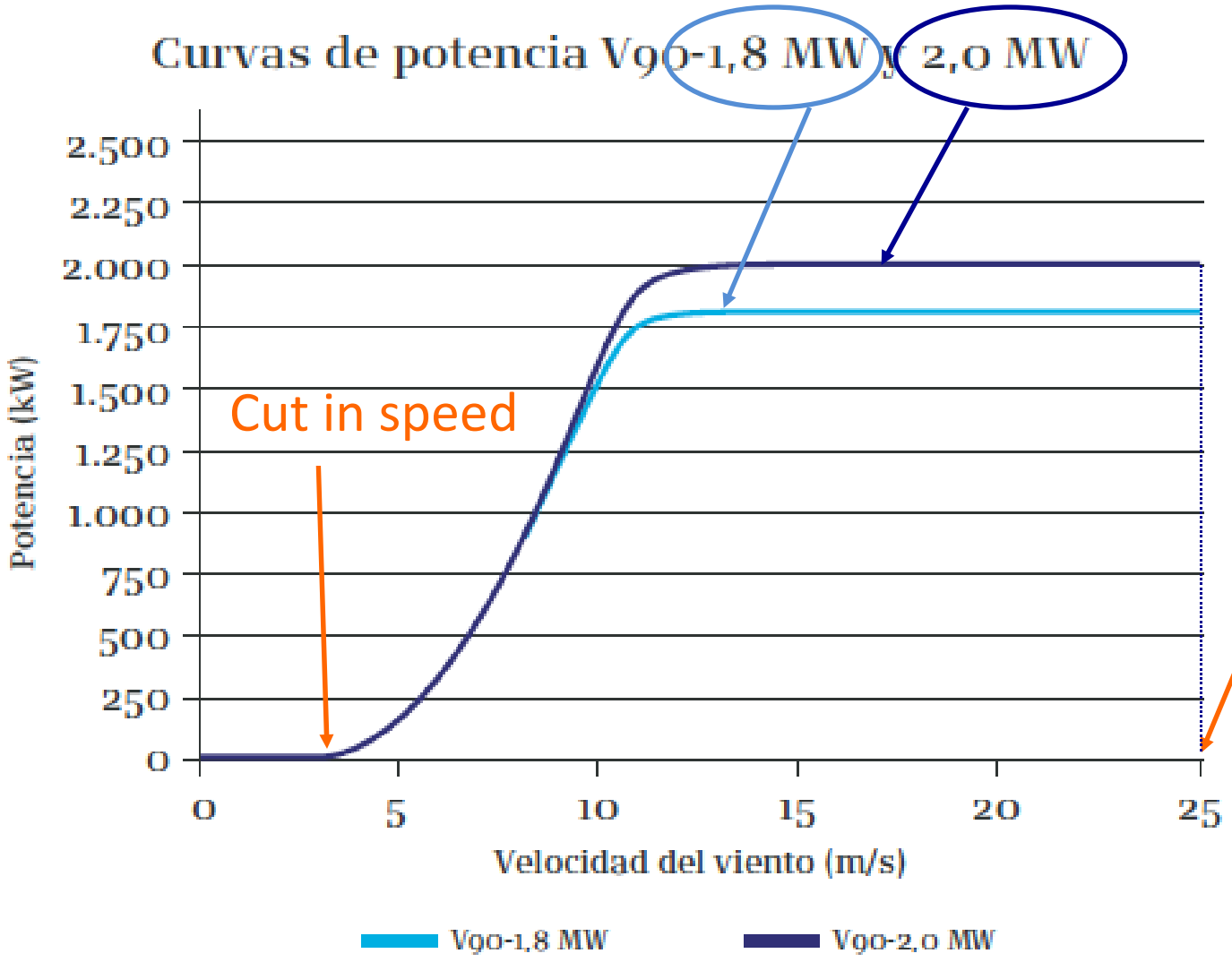
Rotor de 3 aspas



Frenos aerodinámicos con posicón de bandera a partir de los 25 m/s

Orientación a barlovento (AG enfrenta al viento)

Curva de potencia del AG **V90-1,8 MW**

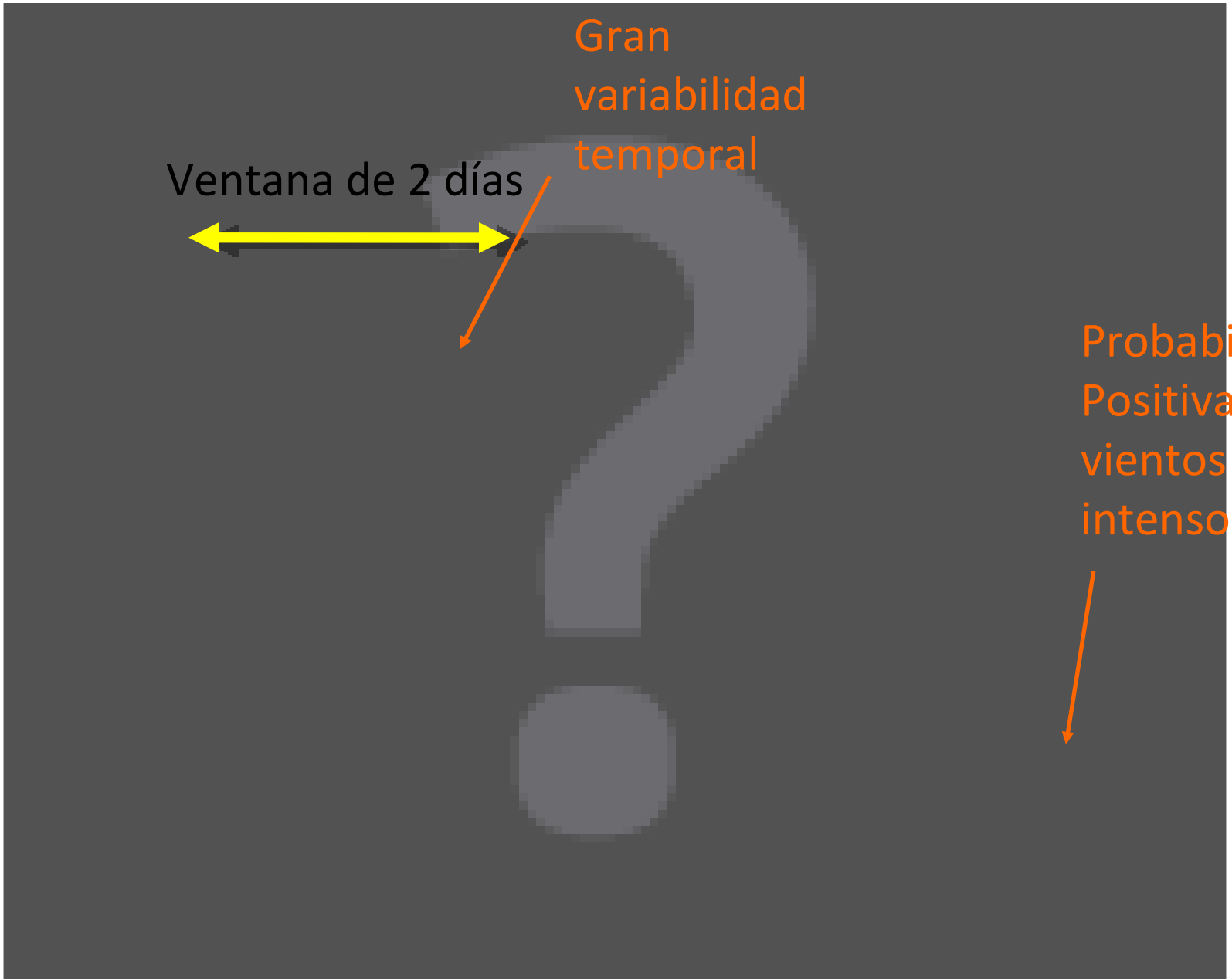


Para una densidad fija

Cut in speed

Cut off speed

Como se comporta el viento en Rawson ?



Modelos Globales (GFS)

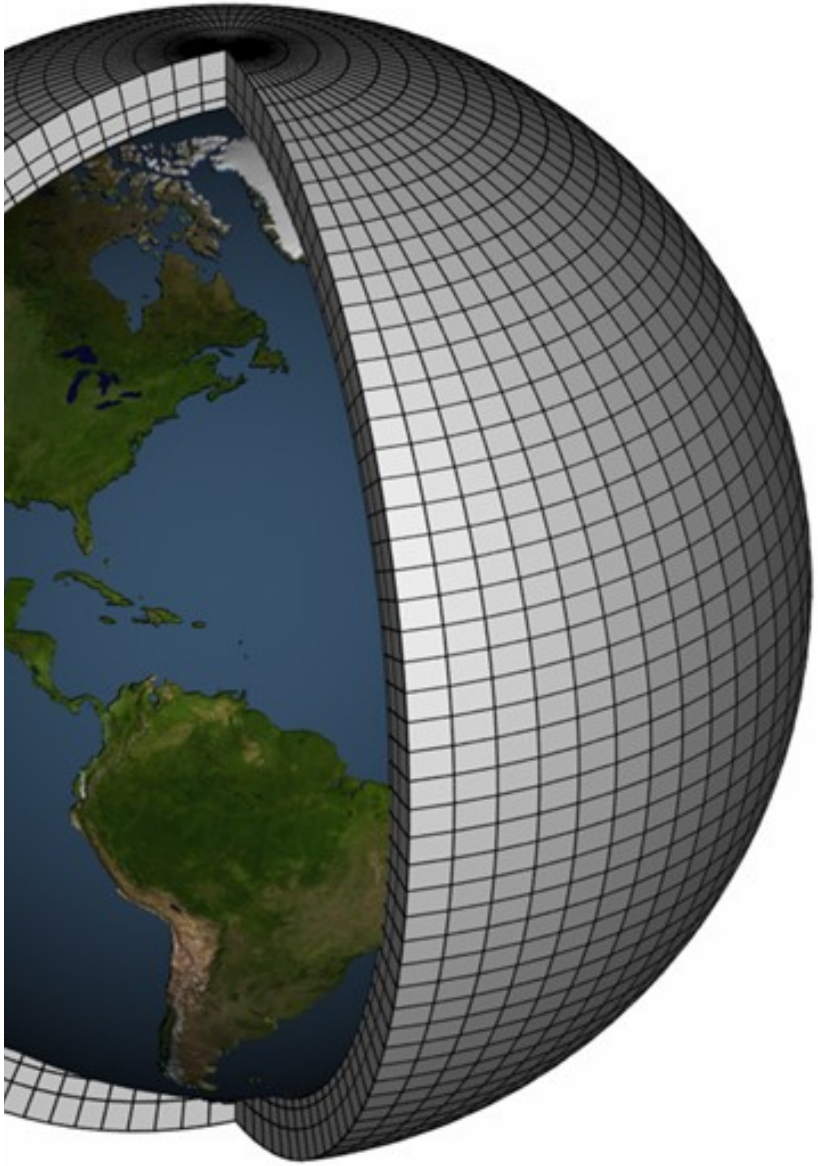
Resolución horizontal de 0.3 grados (30 km aprox.)

Resolución vertical de 64 niveles

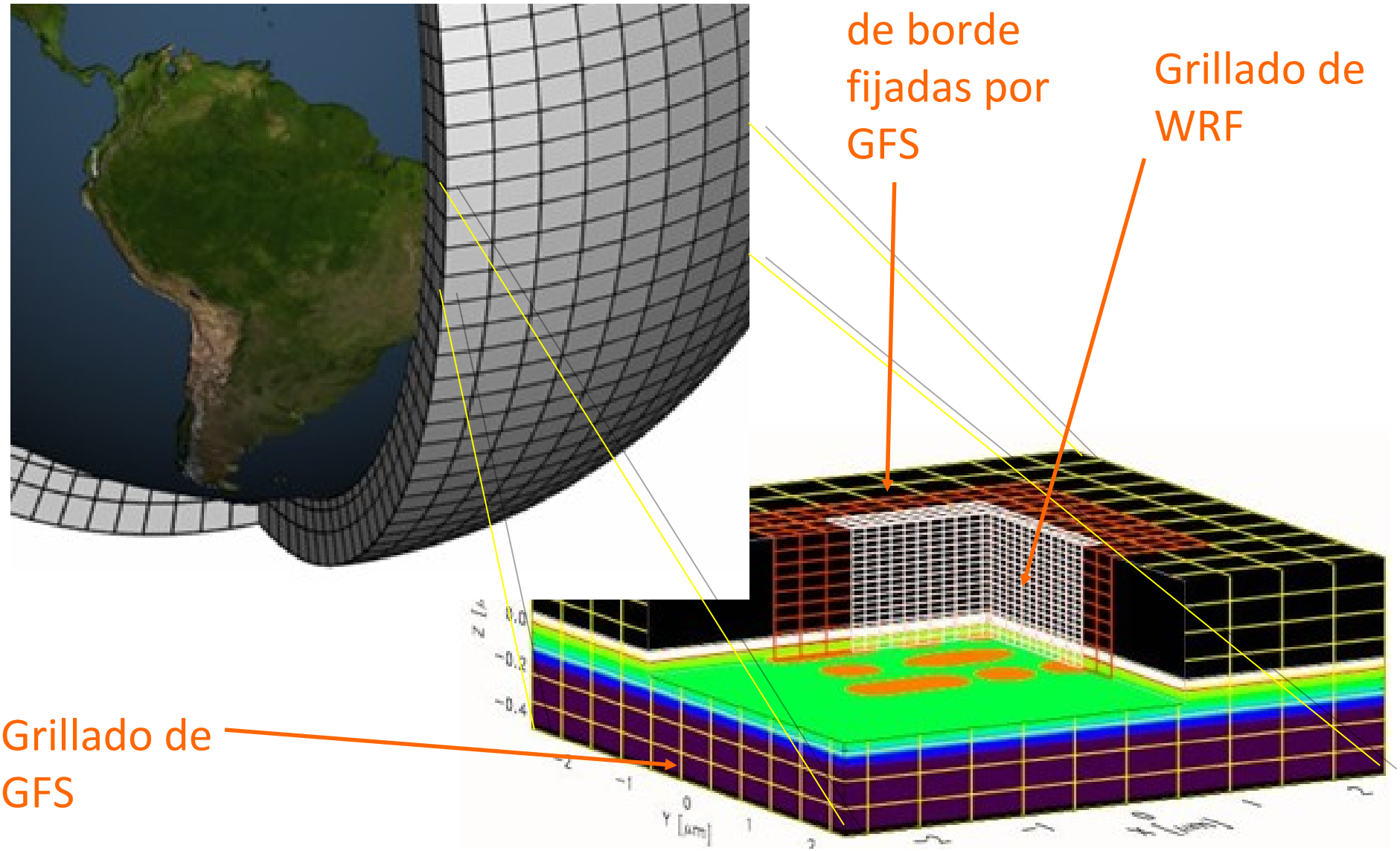
Actualización cada 6 horas

Predicción de las variables:

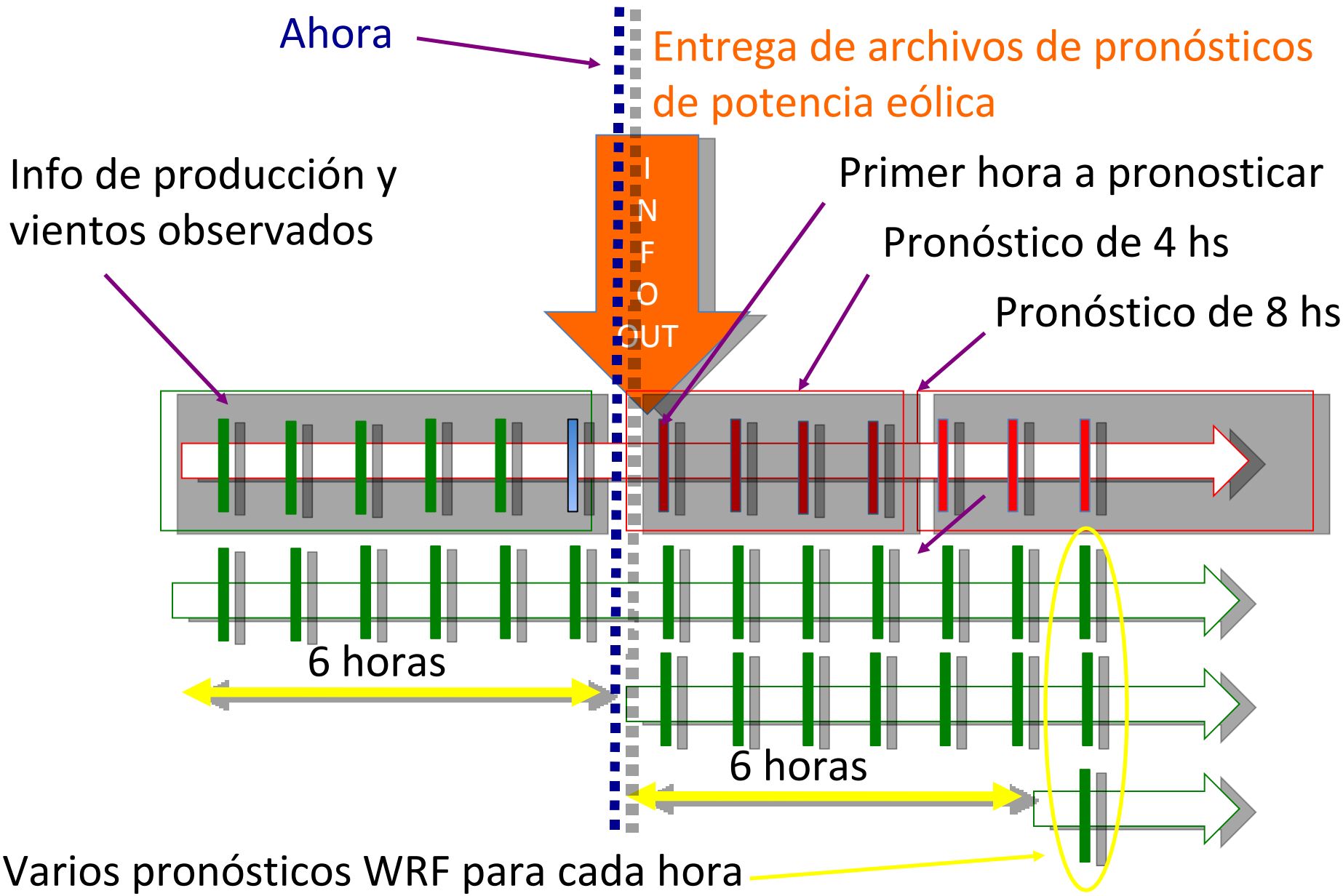
- Temperatura
- Presión
- Viento
- Humedad
- Precipitación



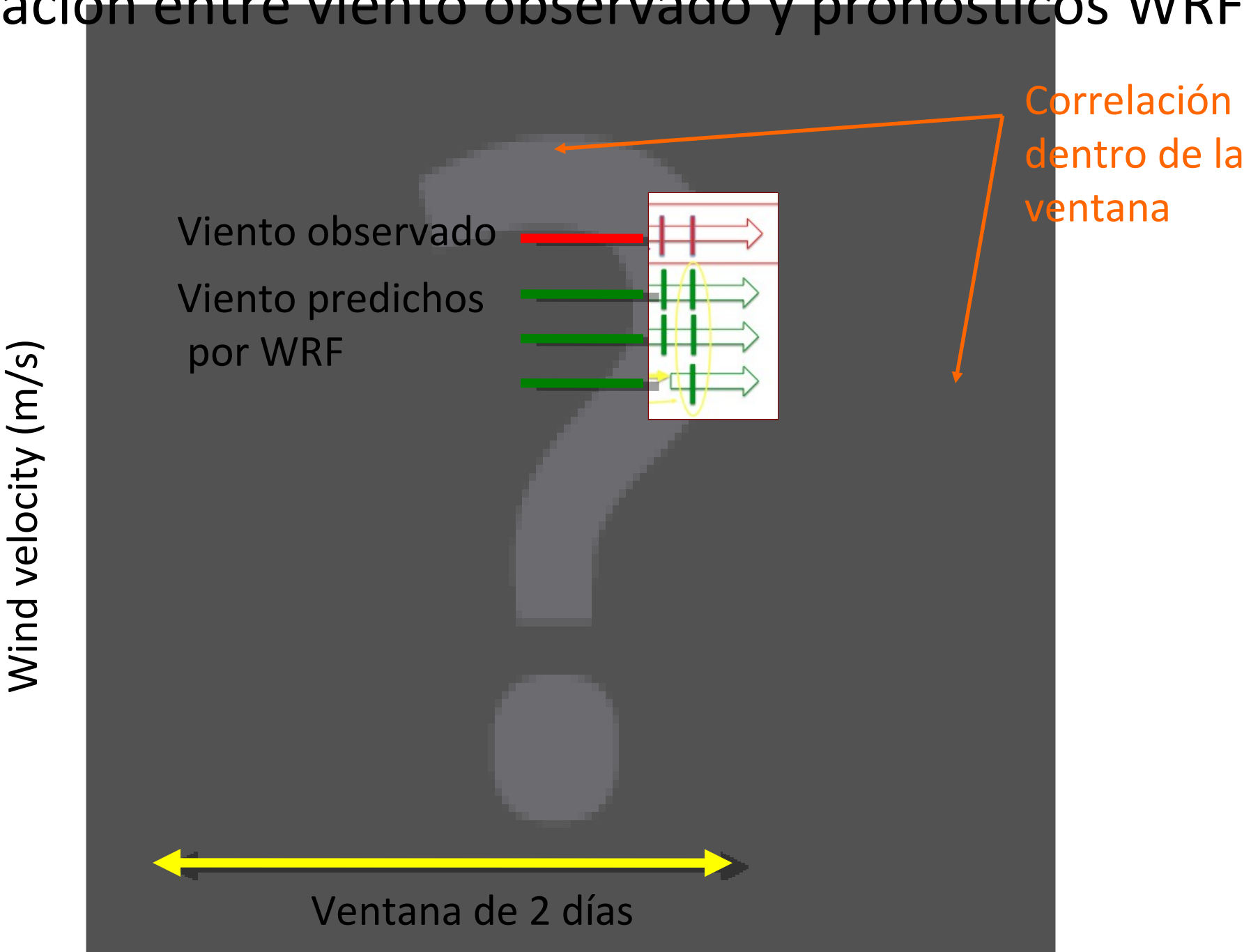
Modelos Regionales de alta resolución (WRF)



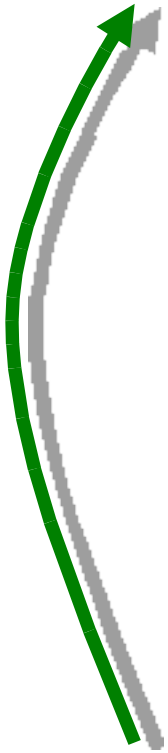
Generación de pronósticos



Relación entre viento observado y pronósticos WRF

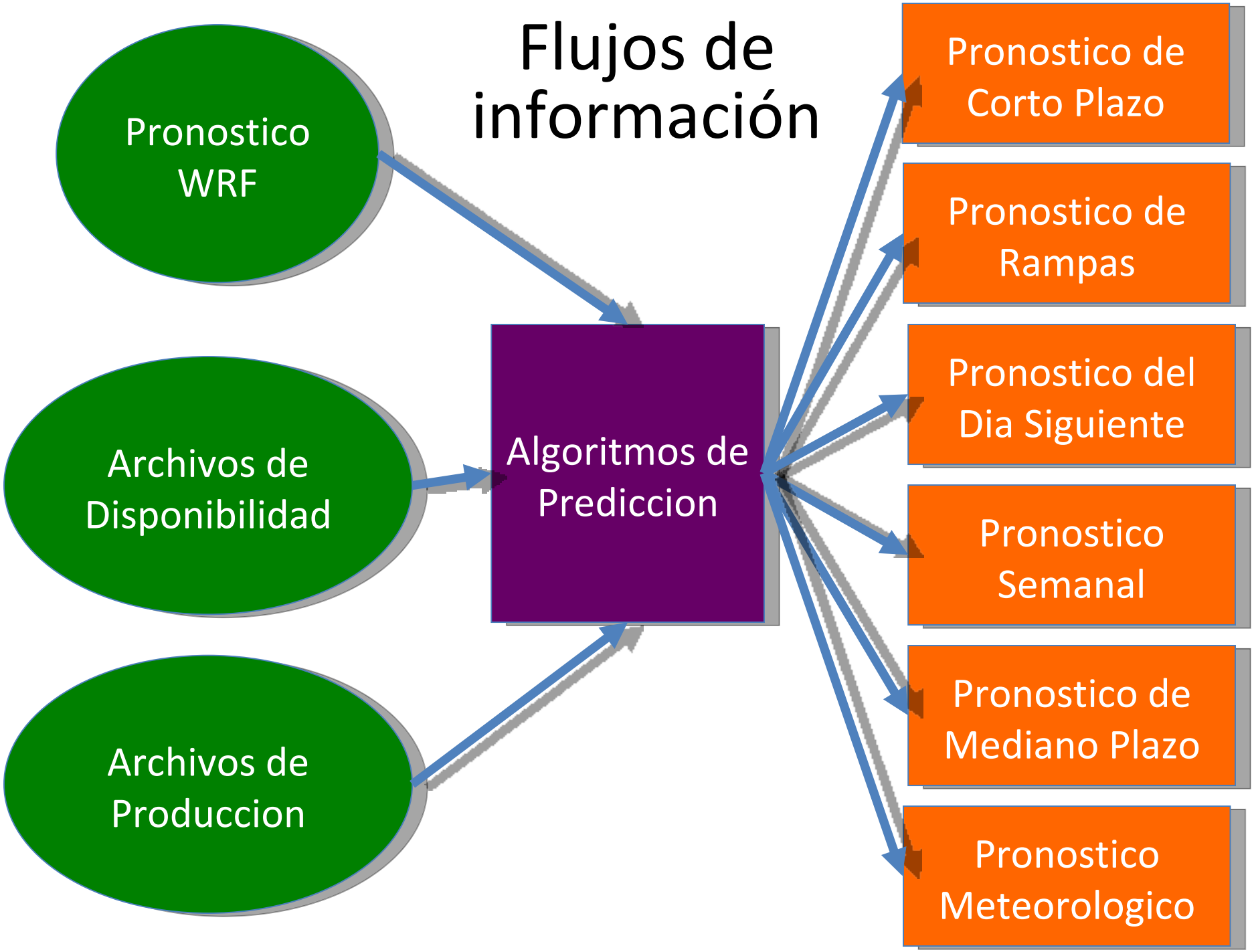


Pasos para el desarrollo de un método de predicción eólica



- Selección de un modelo global (GFS)
- Selección de un modelo de alta definición (WRF)
- Parametrización del modelo de alta resolución
- Estimación de la curva de potencia equivalente
- Diseño de un modelo estadístico
- Calibración del modelo estadístico
- Evaluación de desempeño

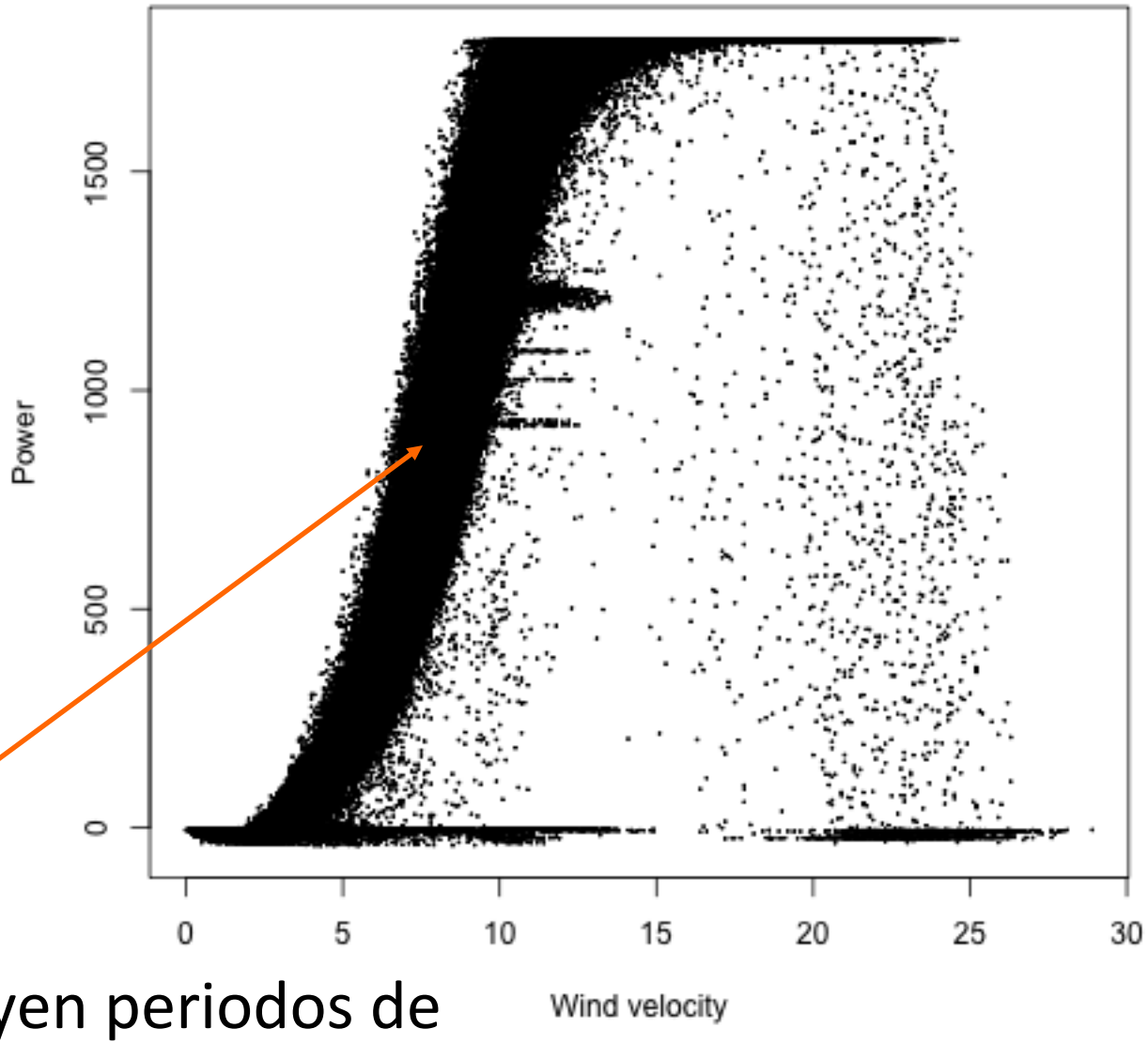
Flujos de información



Los datos “reales” de potencia

1.194.903 pares de valores de velocidad y potencia generada por los 43 AG’s de Rawson durante 1 año de operación.

Gran dispersión por cambios en densidad y distintos AG’s



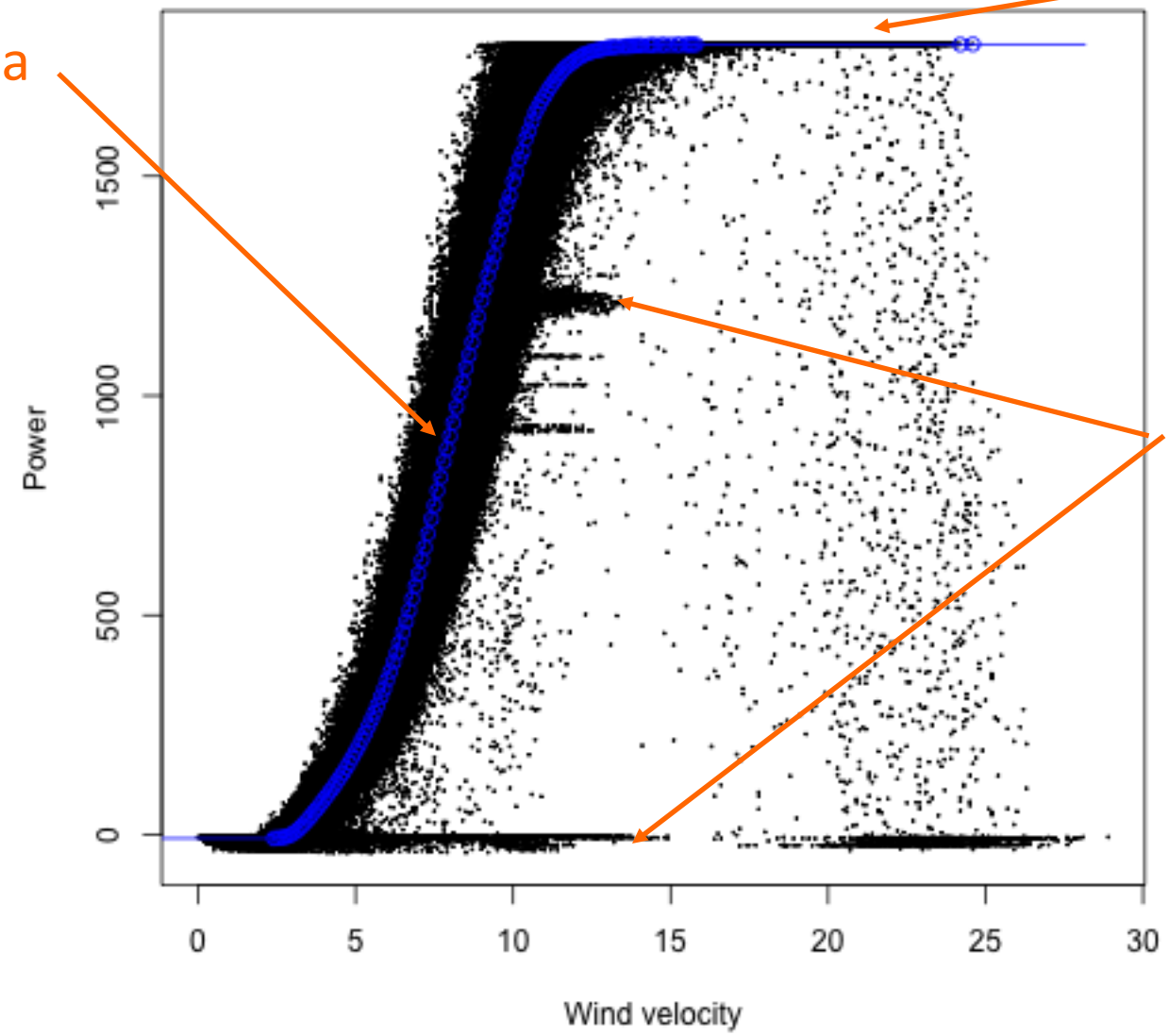
Los datos solo incluyen periodos de 100% de disponibilidad

Ajuste de la curva de potencia “equivalente”

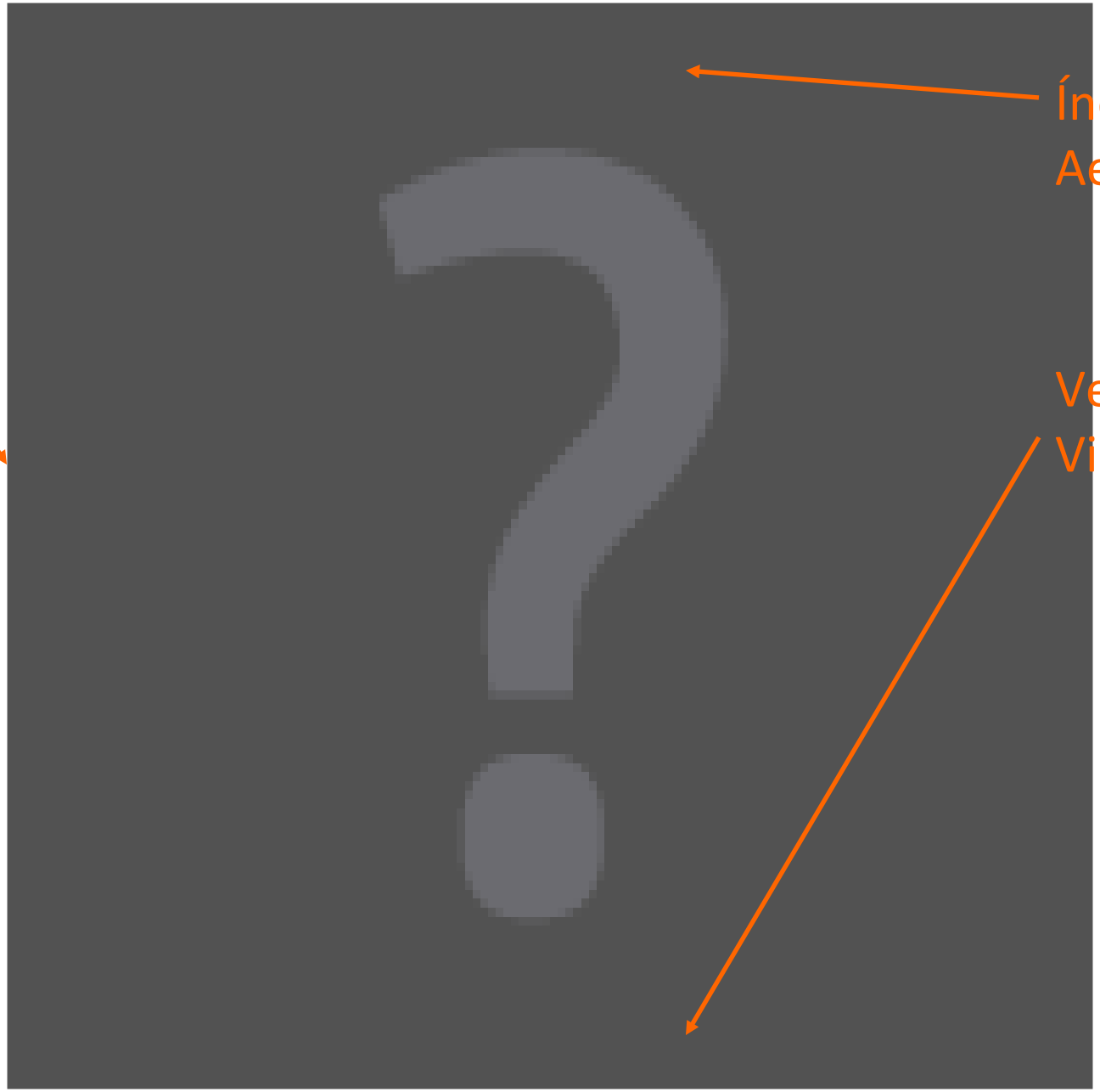
Función monótona

Asíntota en la potencia máxima

Ajuste robusto que soporte datos atípicos

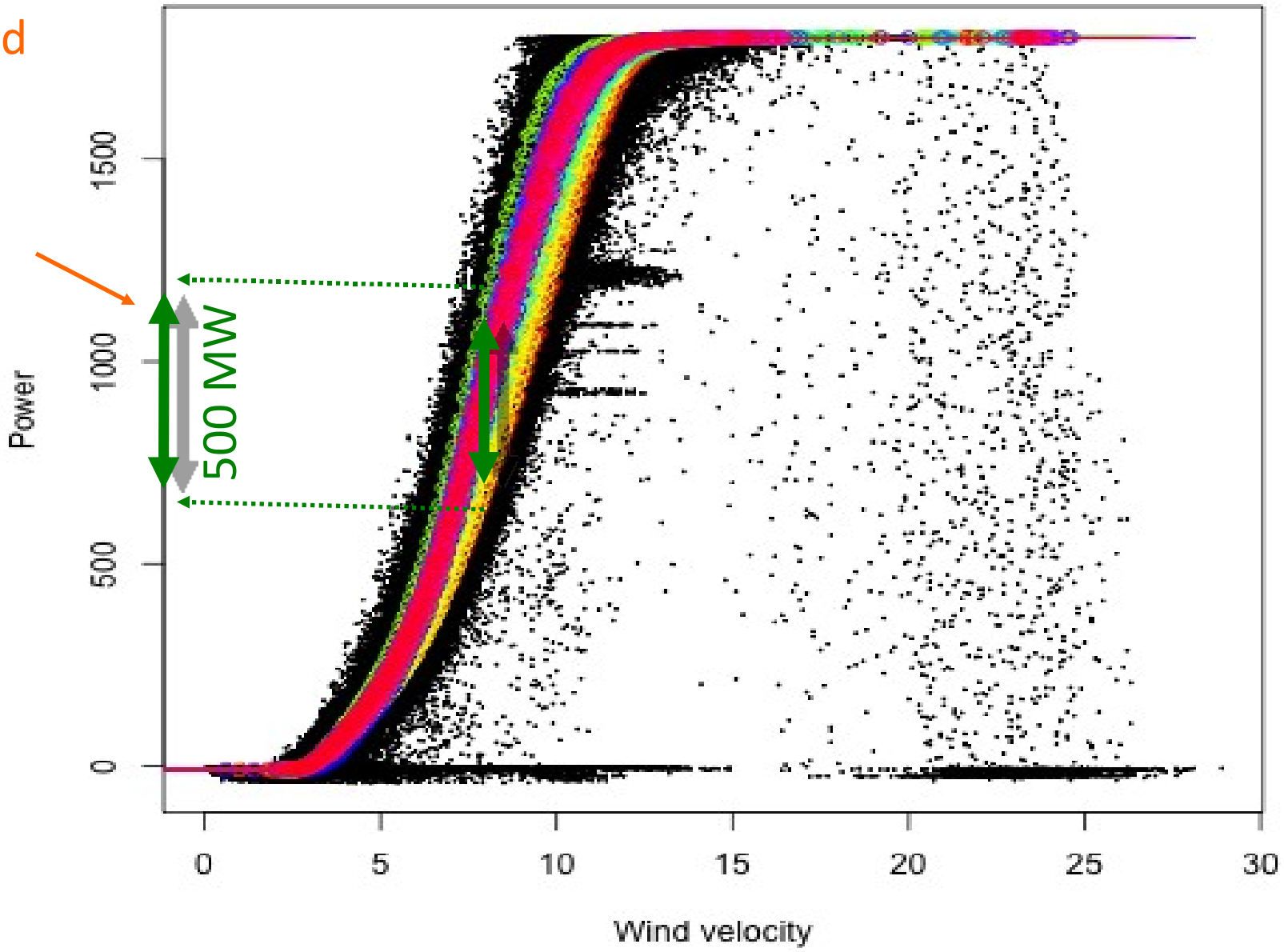


Ajuste por Aerogenerador



Variabilidad de curvas

Gran variabilidad en la potencia media por AG



Cálculo del error corto plazo (4 hs)

Proportional Mean Absolute Error

Potencia efectiva predicha

Potencia ajustada

$$PMAE_h = \sum_{i=1}^{4} \frac{1}{4} \left| \frac{\hat{PE}_i^h - PA_i}{CP_i} \right|$$

Hora del pronóstico

Capacidad potencial

Capacidad potencial

Potencia efectiva observada

$$CP_i = N * PN * DP_i$$

$$PA_i = PE_i * \frac{DP_i}{DE_i}$$

Cantidad de AG's

Potencia nominal por AG

Disponibilidad efectiva

Disponibilidad prevista

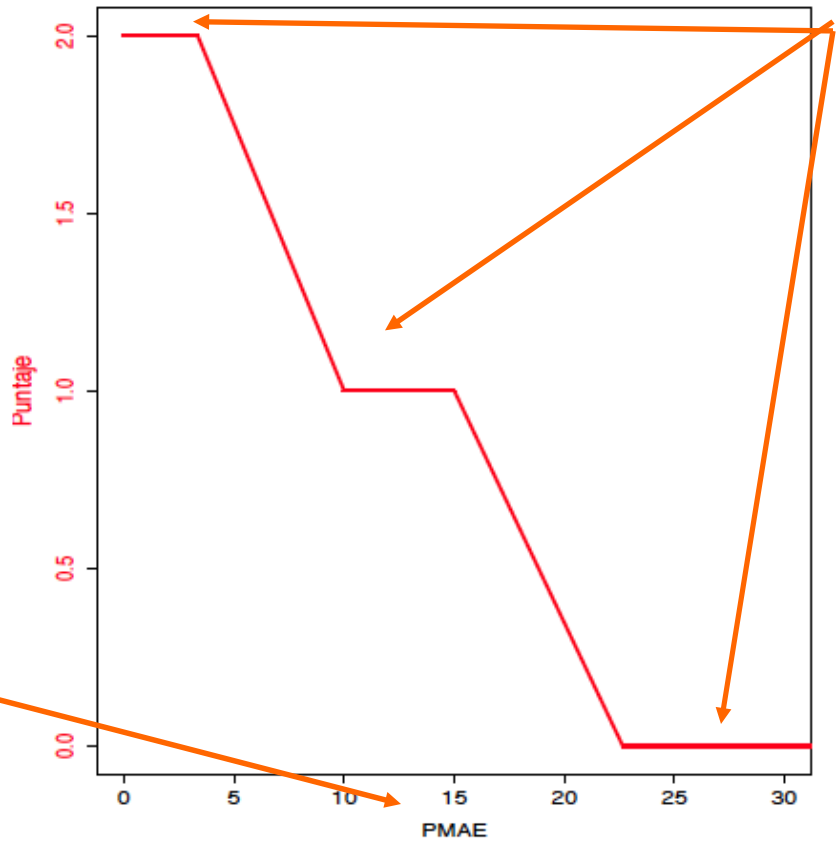
Cálculo del puntaje

$$P_h = \begin{cases} min(1 + 0.15\,(10 - PMAE_h)\,, 2) & si \quad PMAE_h \leq 10 \\ 1 & si \quad 10 < PMAE_h < 15 \\ max(1 - 0.15\,(PMAE_h - 15)\,, 0) & si \quad PMAE_h \geq 15 \end{cases}$$

Puntaje

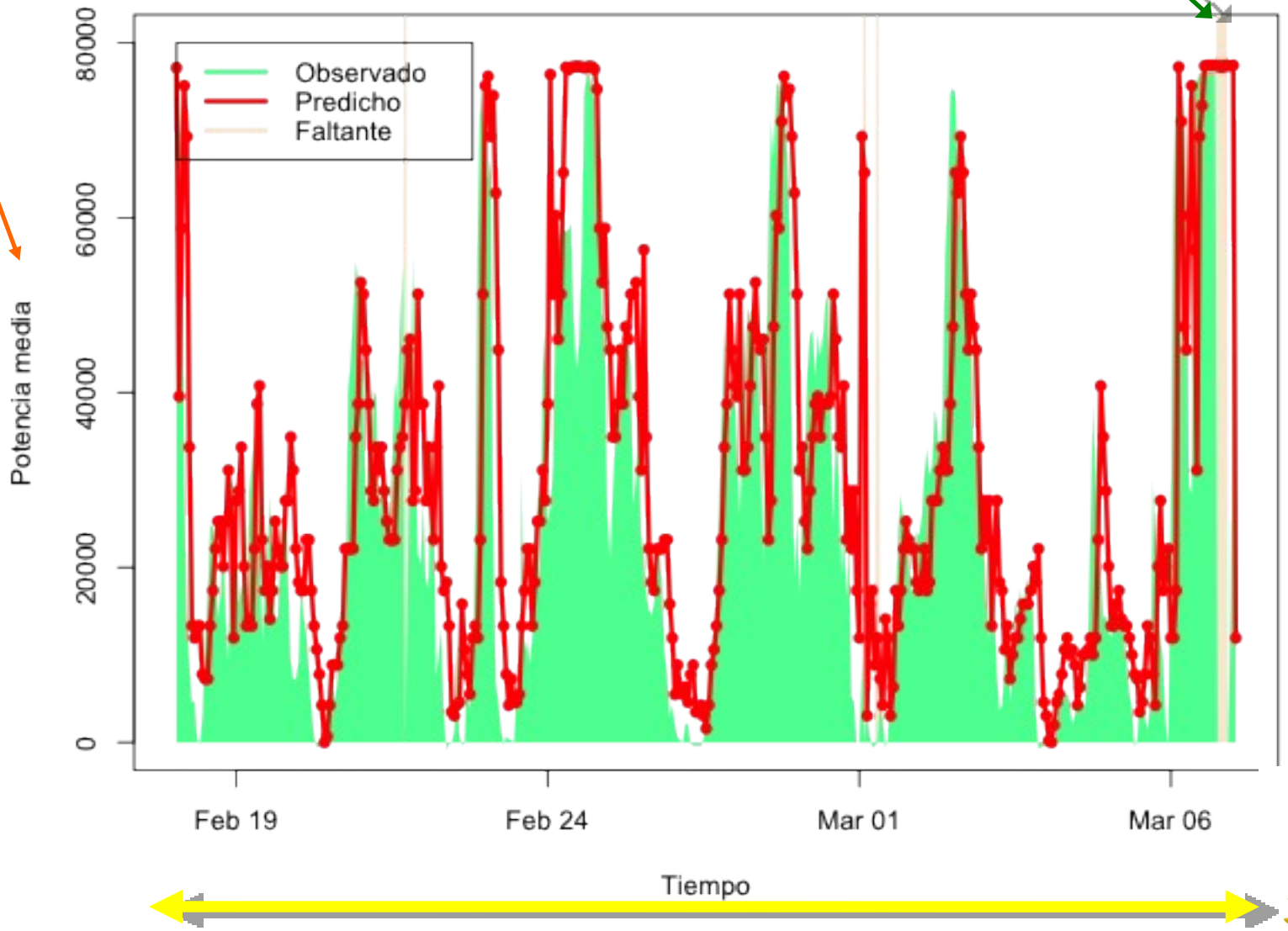
Tramos constantes

PMAE



Falta de archivos de producción

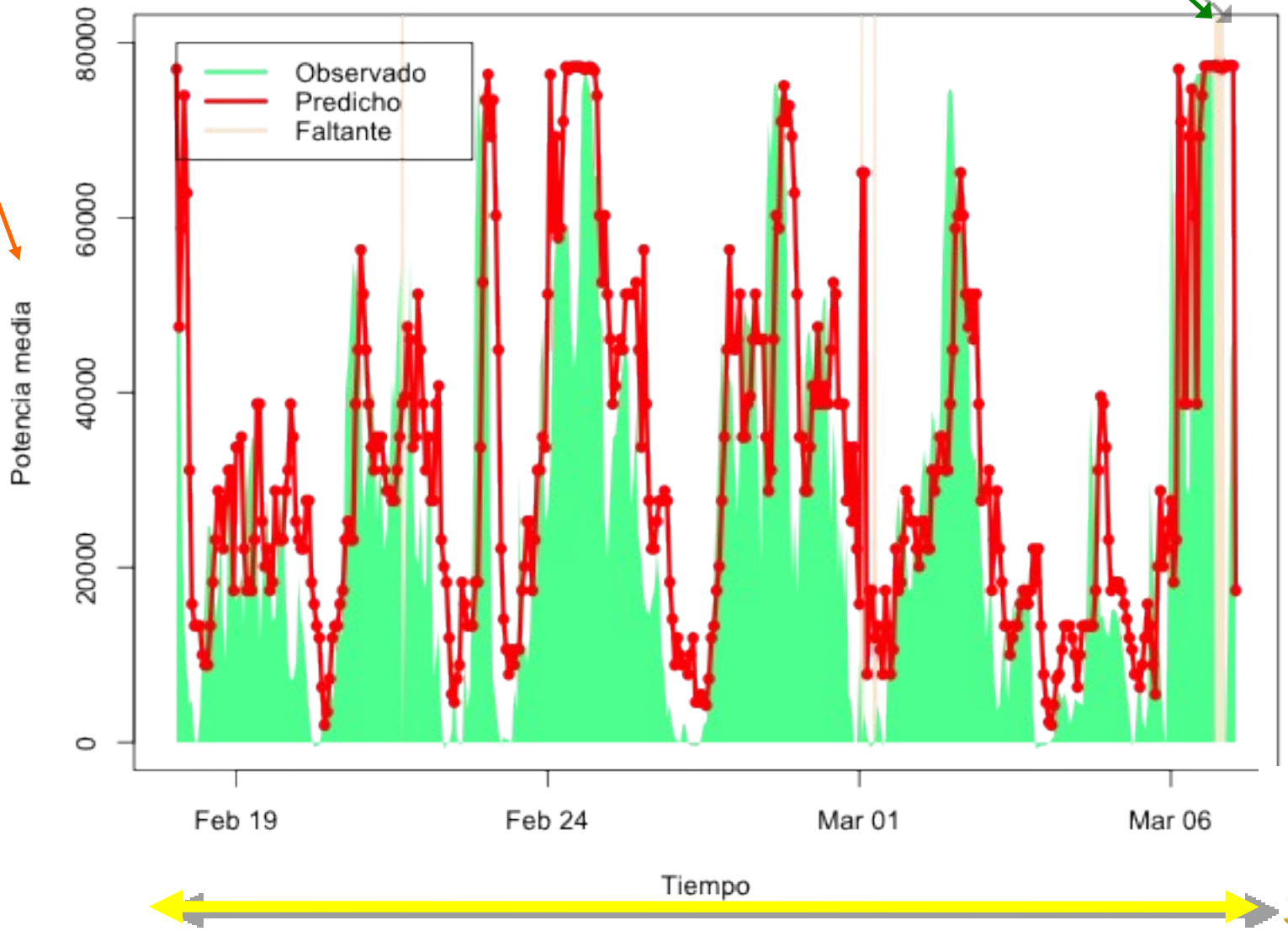
Potencia del parque



Ventana de 7 días

Falta de archivos de producción

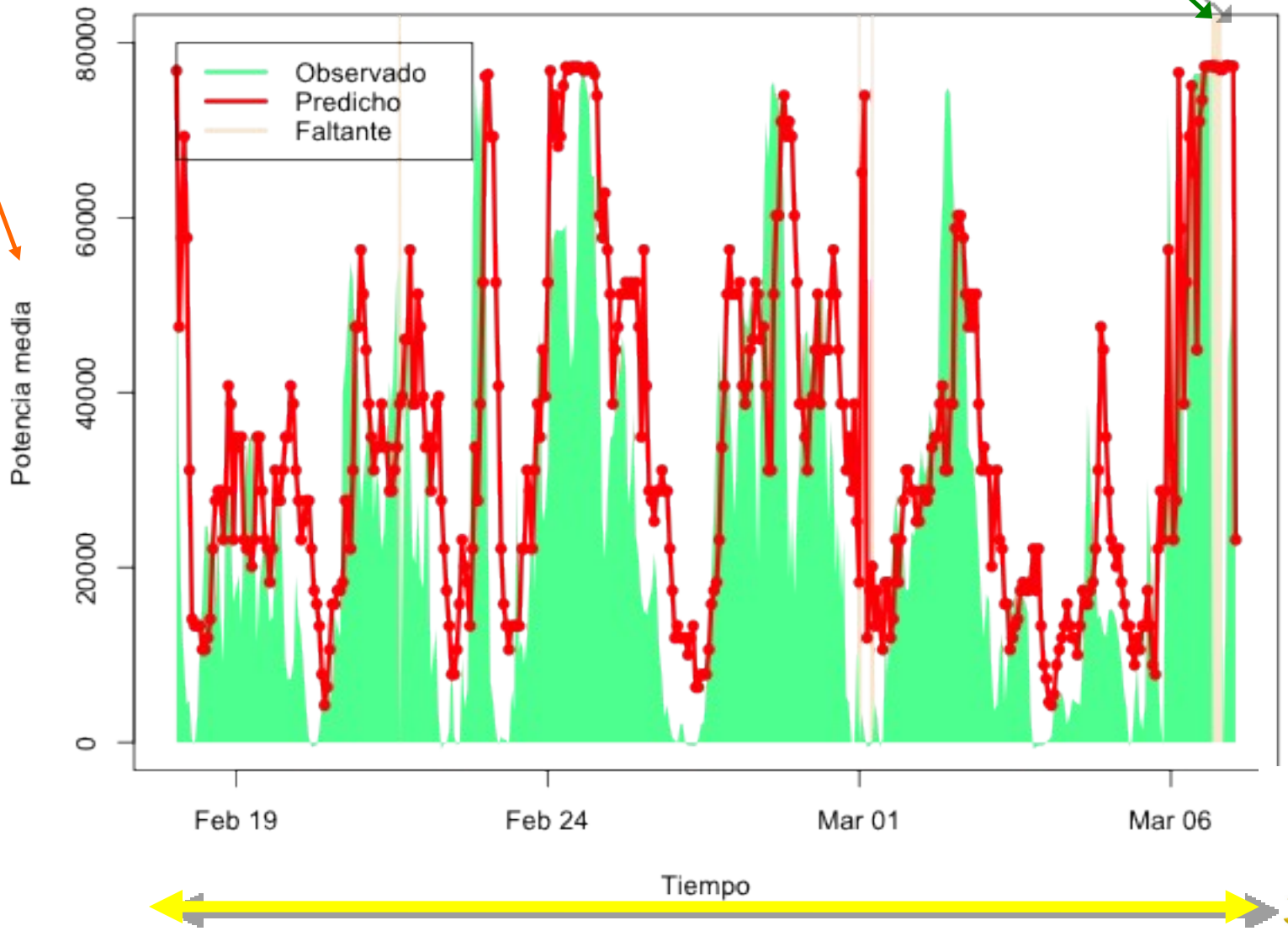
Potencia del parque



Ventana de 7 días

Falta de archivos de producción

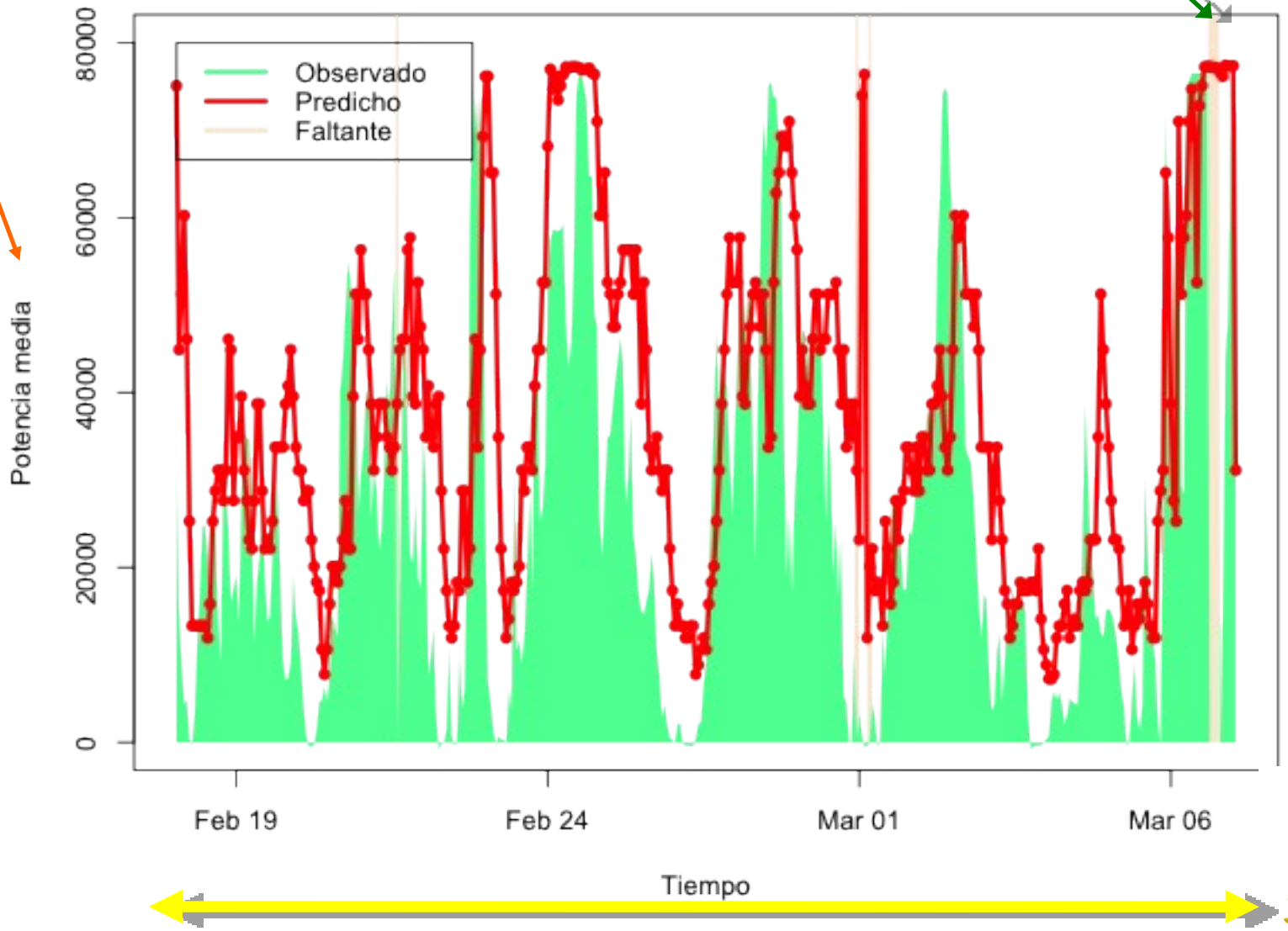
Potencia del parque



Ventana de 7 días

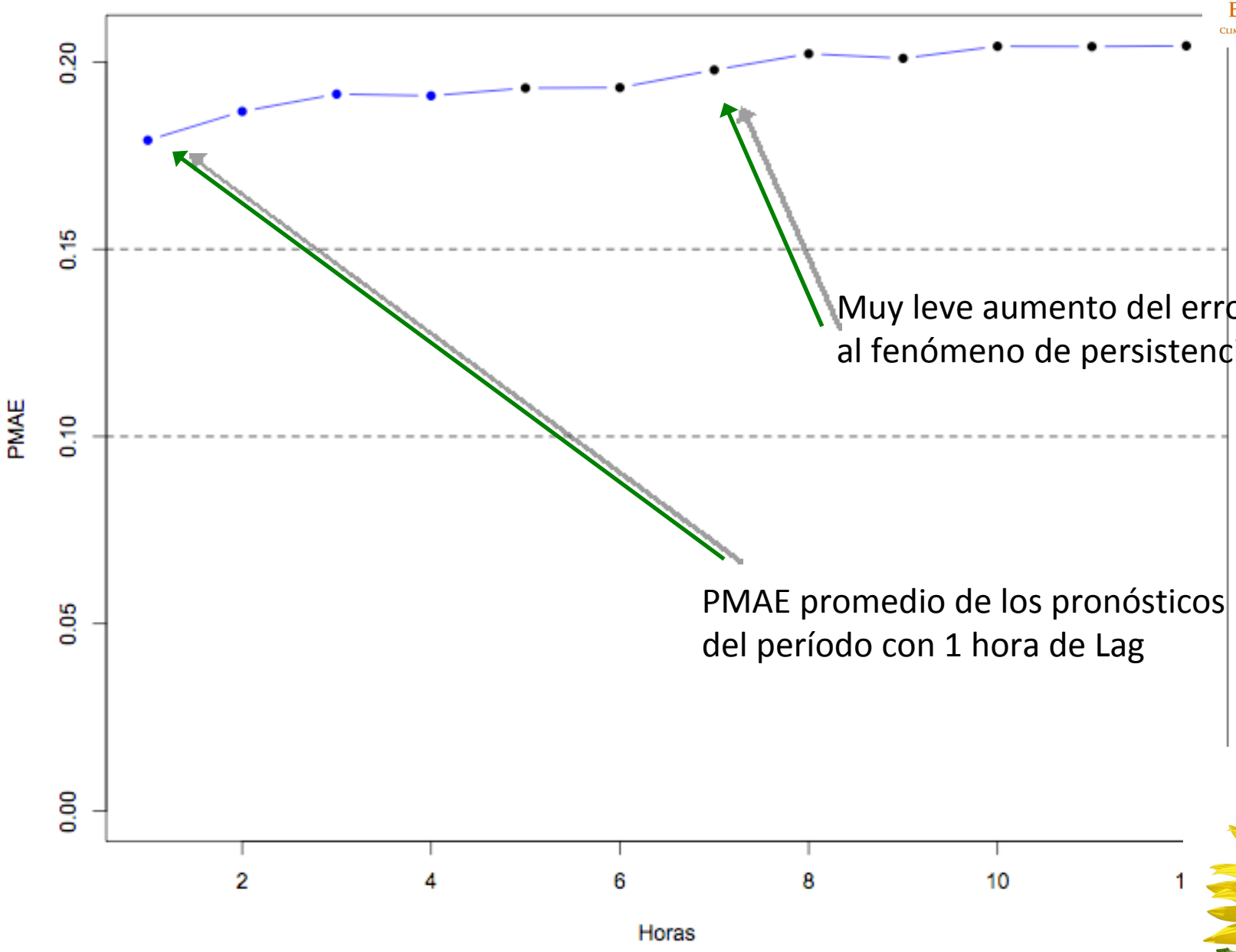
Falta de archivos de producción

Potencia del parque



Ventana de 7 días

Evolución del PMAE por Lag



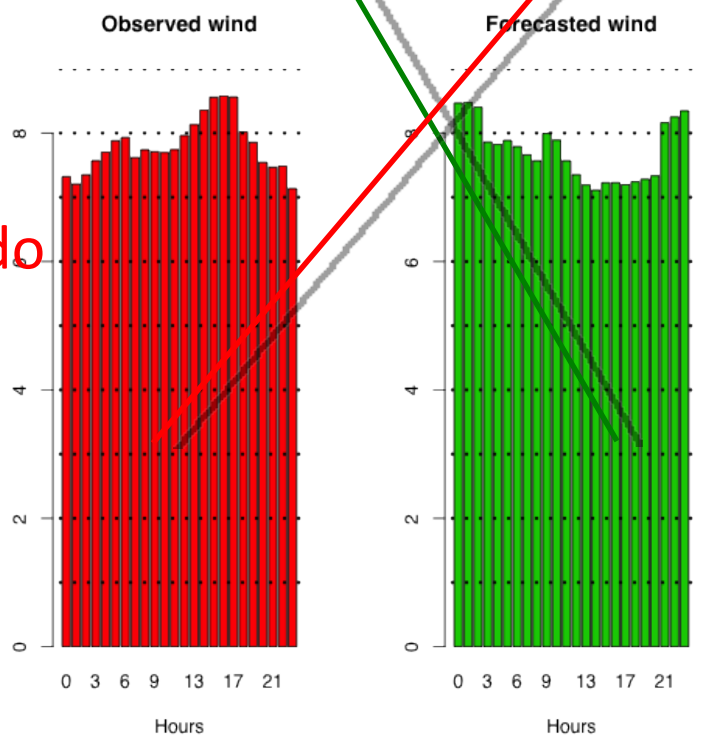
Ejemplo de interacción entre el modelo numérico (WRF) y el modelo estadístico

$$Viento_{Hora,Lag} = f_{Lag}(Viento.obs, WRF) + g_{Lag}(Hora)$$

Hora a ser predicha

Lag: diferencia entre la hora que se predice y la hora en la que se genera la predicción

Ciclo diurno observado

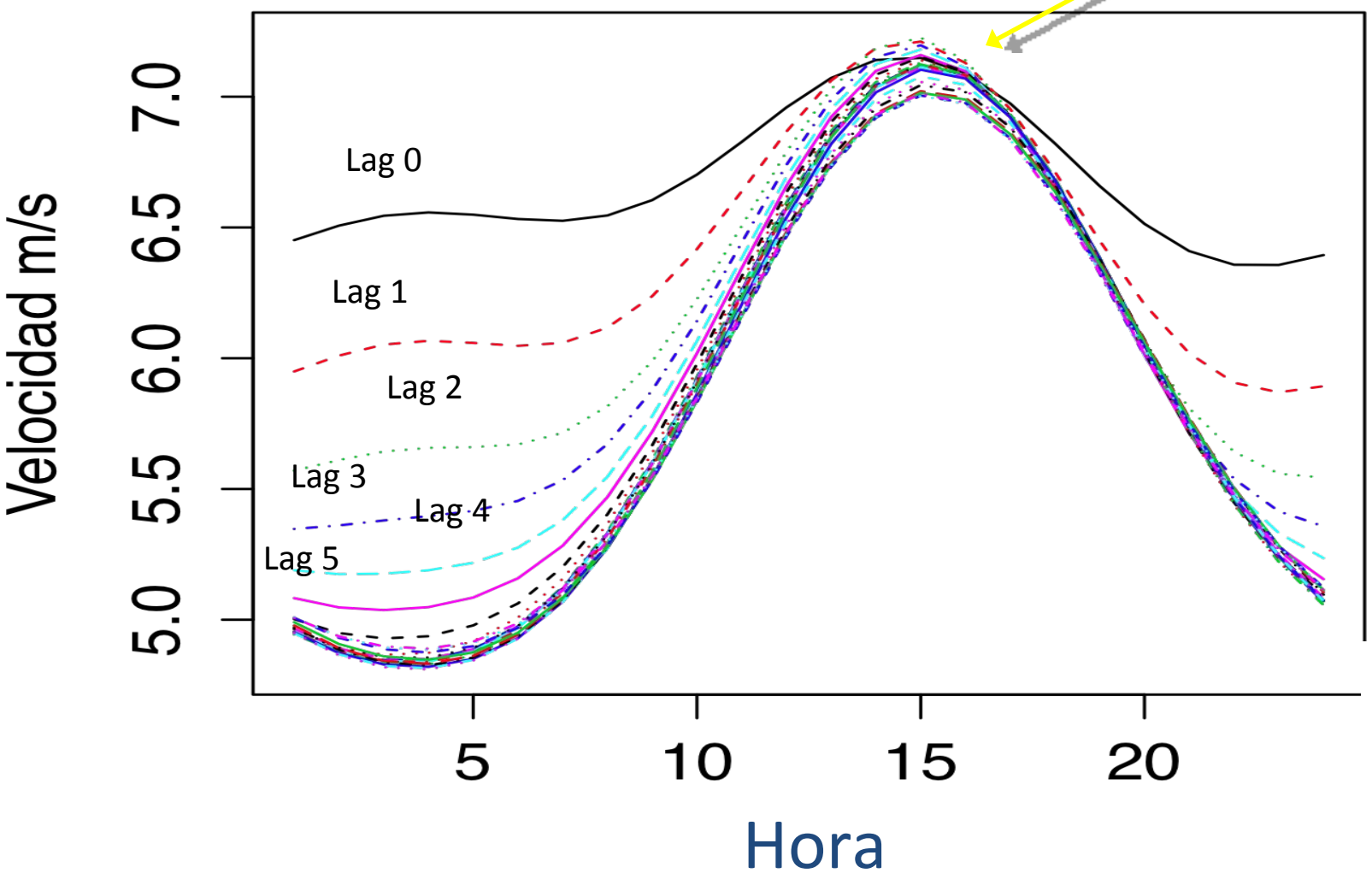


Ciclo diurno WRF

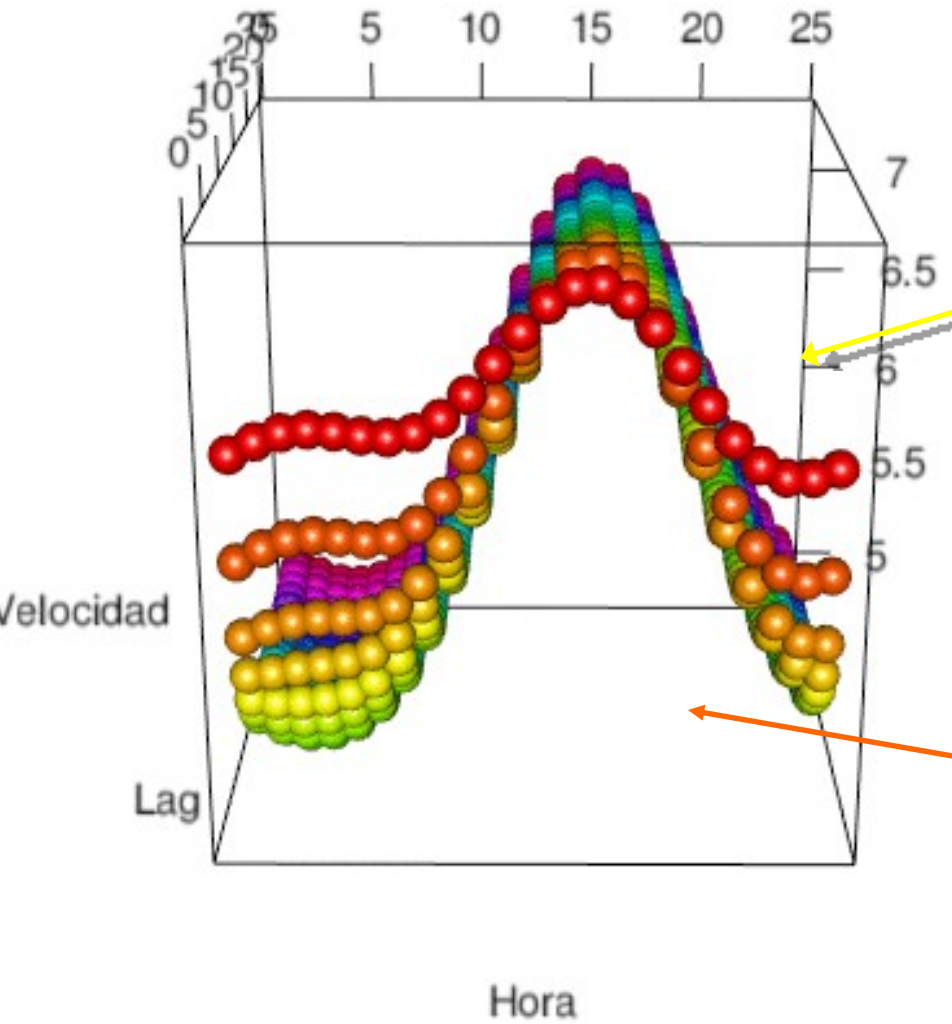
Modelado con ciclo diurno

ECOCLIMASOL
CLIMATE RISK MANAGEMENT SOLUTIONS

$$Viento_{Hora,Lag} = f_{Lag}(Viento.obs, WRF) + g_{Lag}(Hora)$$



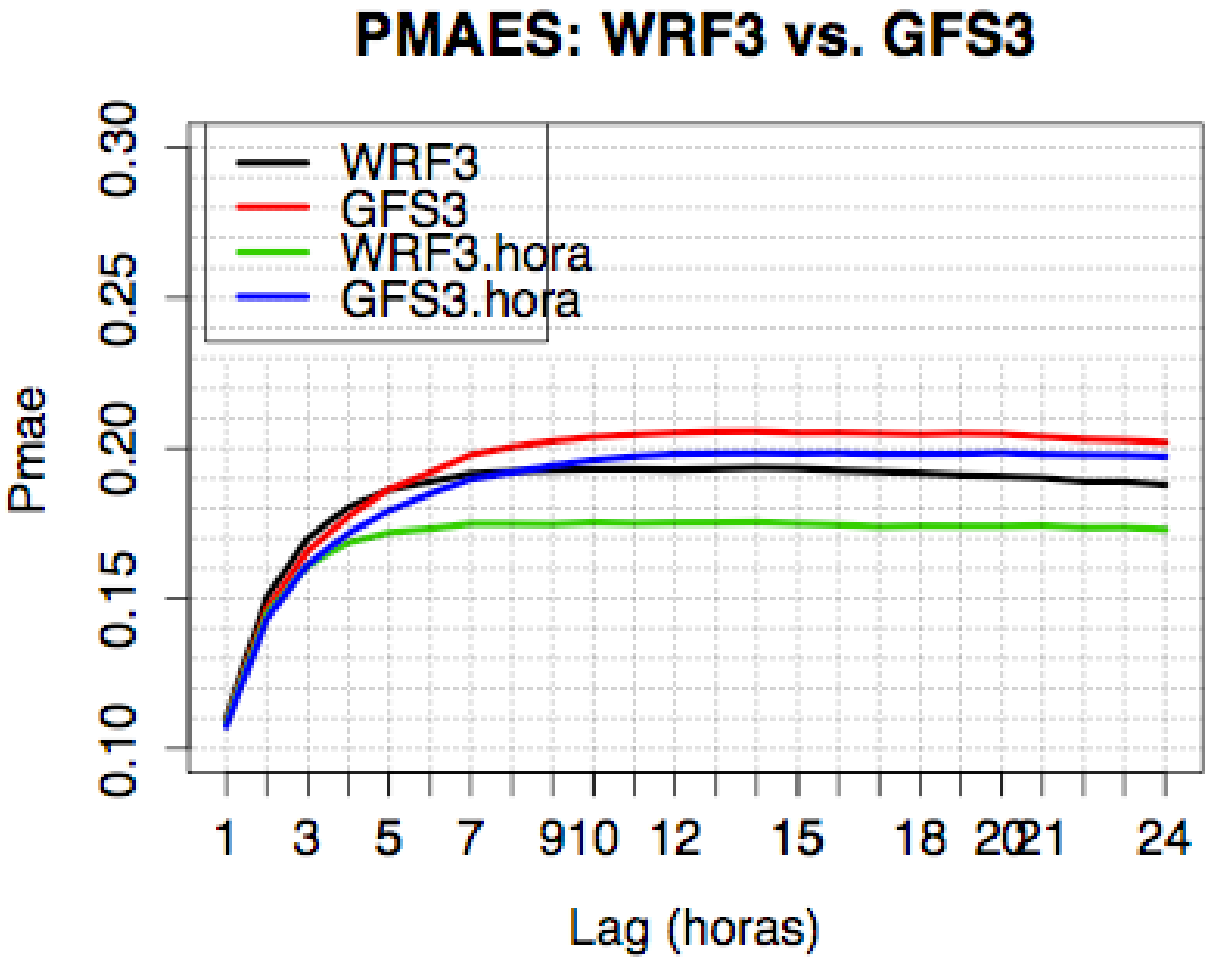
Efecto del ciclo diurno



$$Viento_{Hora,Lag} = f_{Lag}(Viento.obs, WRF) + g_{Lag}(Hora)$$

A medida que aumenta el lag, se acentúa la importancia del ciclo diurno

Comparación WRF Vs. GFS

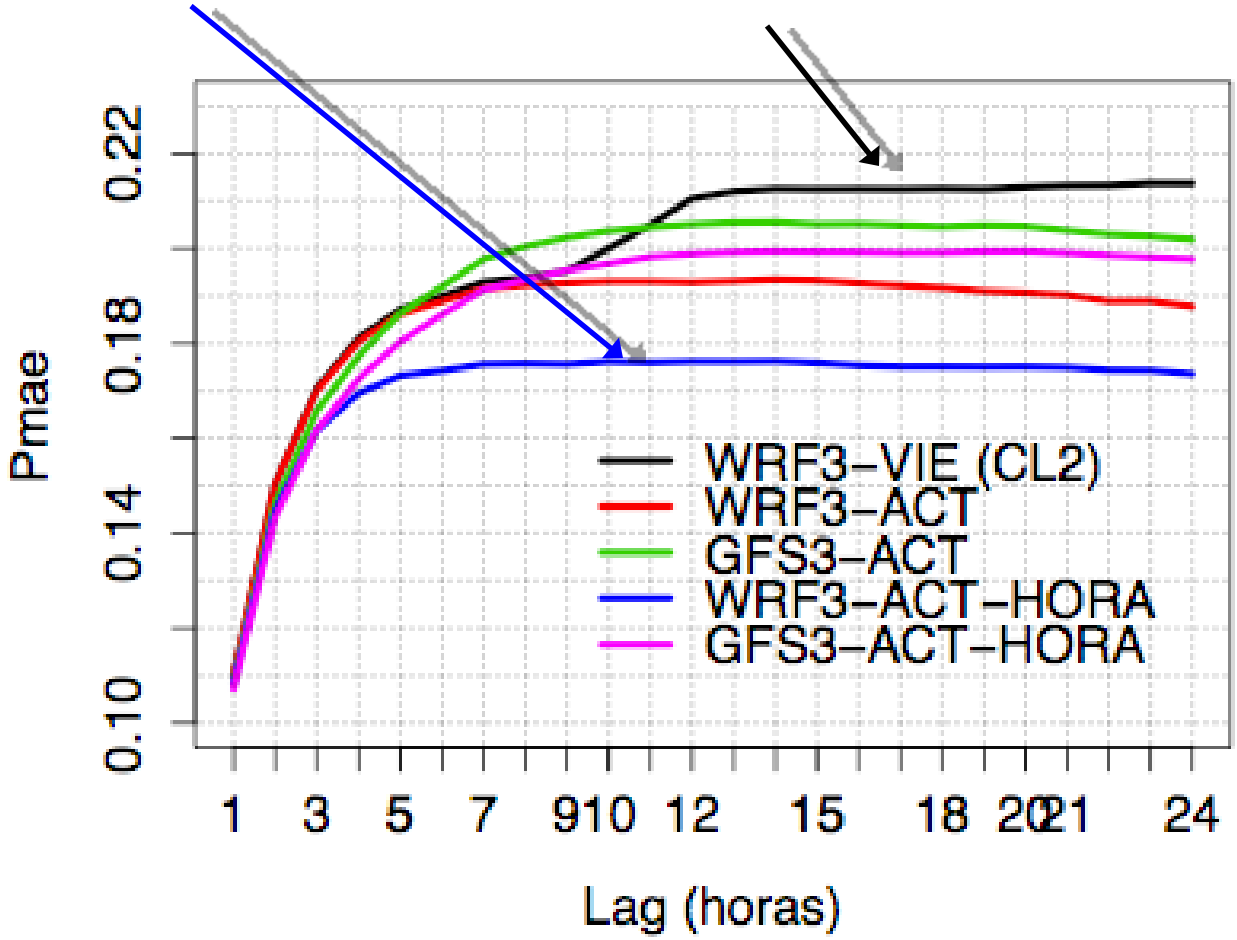


Mejoras al método CL2

ECOCLIMASOL
CLIMATE RISK MANAGEMENT SOLUTIONS

Método nuevo

Método actual
(CL2)

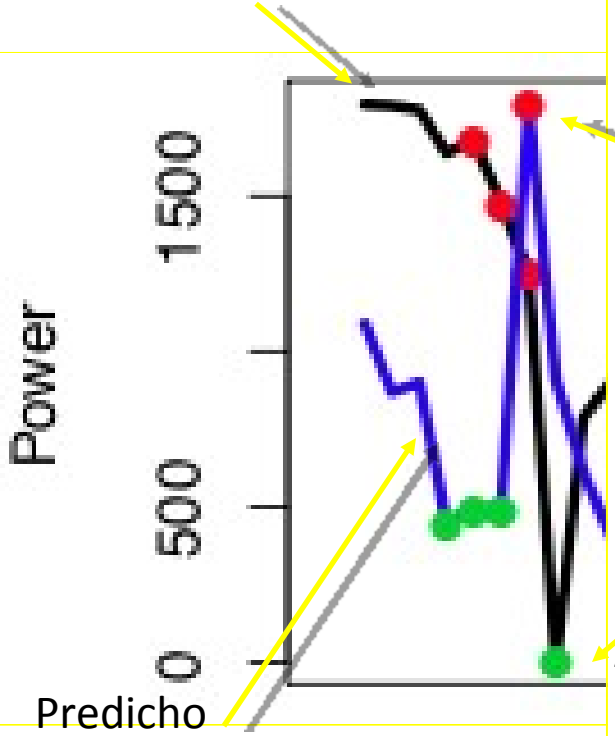


Desafío:

Pronósticos de rampas de potencia

Definición de Rampa de Potencia

Observado



Predicho por WRF

Se define Rampa de Potencia a la variación de la potencia mayor o igual al 50% de la capacidad instalada del parque eólico en un lapso de tiempo menor o igual a 3 horas.

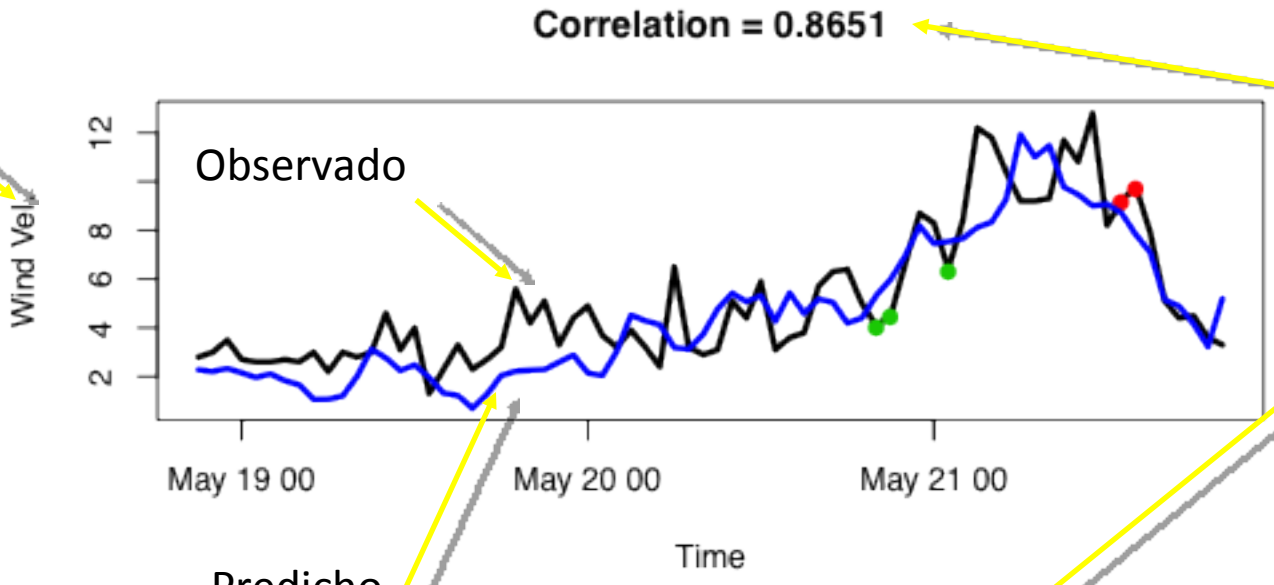
Es decir, se denomina Rampa de Potencia de la hora t a la función

$$R(t)=\begin{cases} -1 & si\ R_1(t) \le -0.5 * Pot \ \vee \ R_2(t) \le -0.5 * Pot \ \vee \ R_3(t) \le -0.5 * Pot \\ 0 & si\ |R_1(t)| \le 0.5 * Pot \ \wedge \ |R_2(t)| \le 0.5 * Pot \ \wedge \ |R_3(t)| \le 0.5 * Pot \\ 1 & si\ R_1(t) \ge 0.5 * Pot \ \vee \ R_2(t) \ge 0.5 * Pot \ \vee \ R_3(t) \ge 0.5 * Pot \end{cases}$$

donde, $R_h(t)=\frac{P(t+h)-P(t)}{h}$, con $P(t)$=*potencia del parque a tiempo* t, y Pot=*capacidad instalada en el parque.*

Análisis de la capacidad de pronóstico de rampas

Velocidad del viento



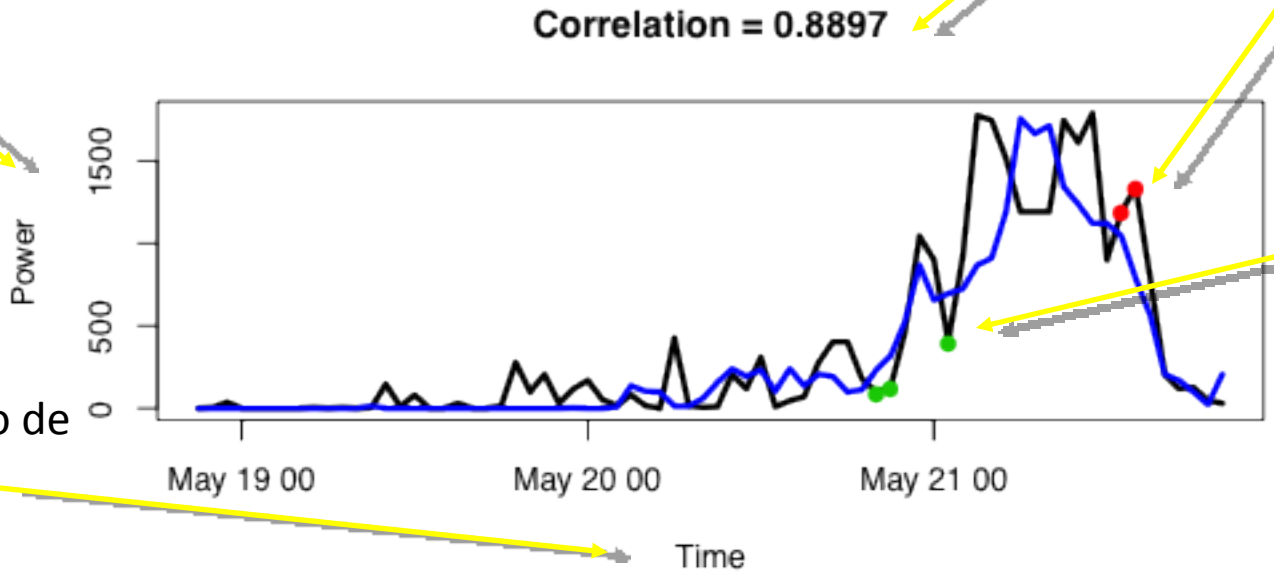
Observado

Predicho por WRF

Correlación entre vientos observados y preduchos

Correlación entre potencias observadas y preduchas

Potencia eólica por AG

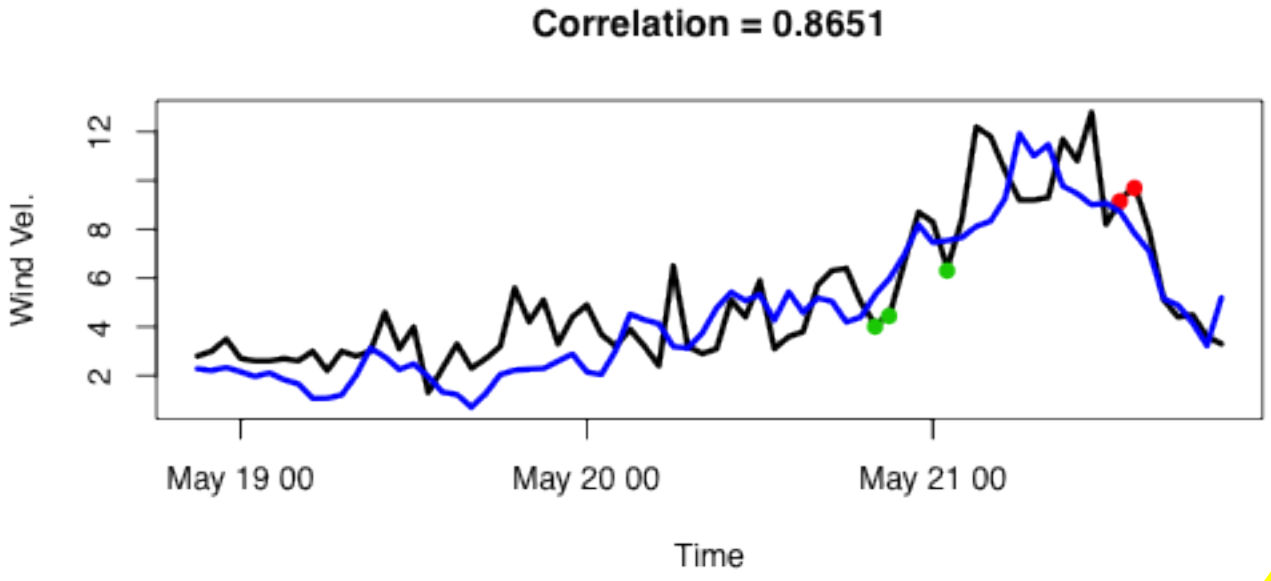


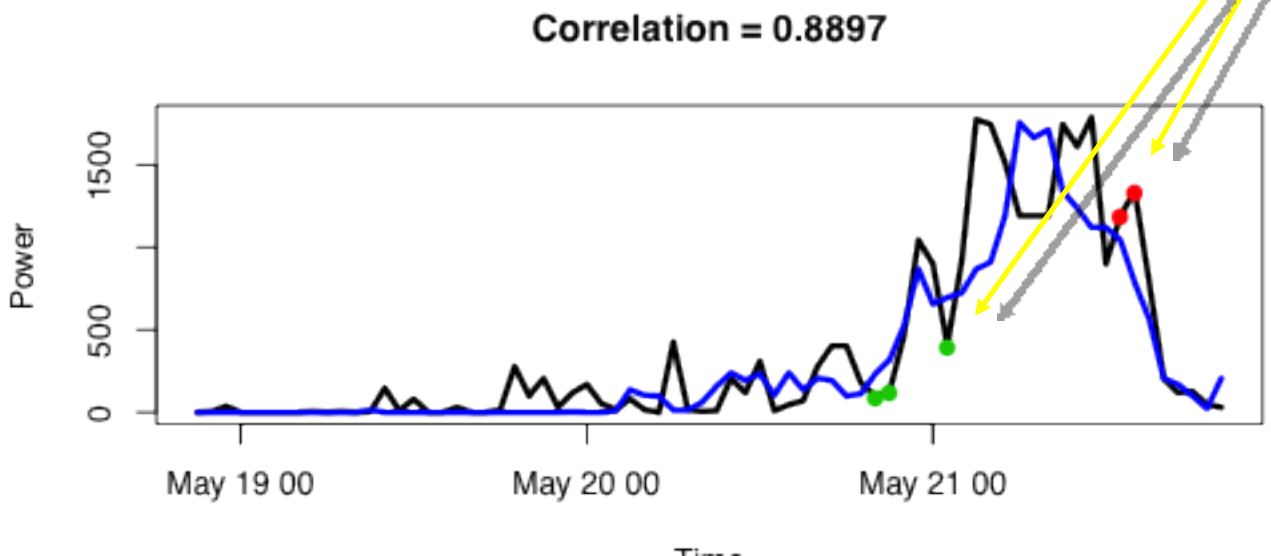
Rampa descendente

Rampa ascendente

Periodo de 3 dias

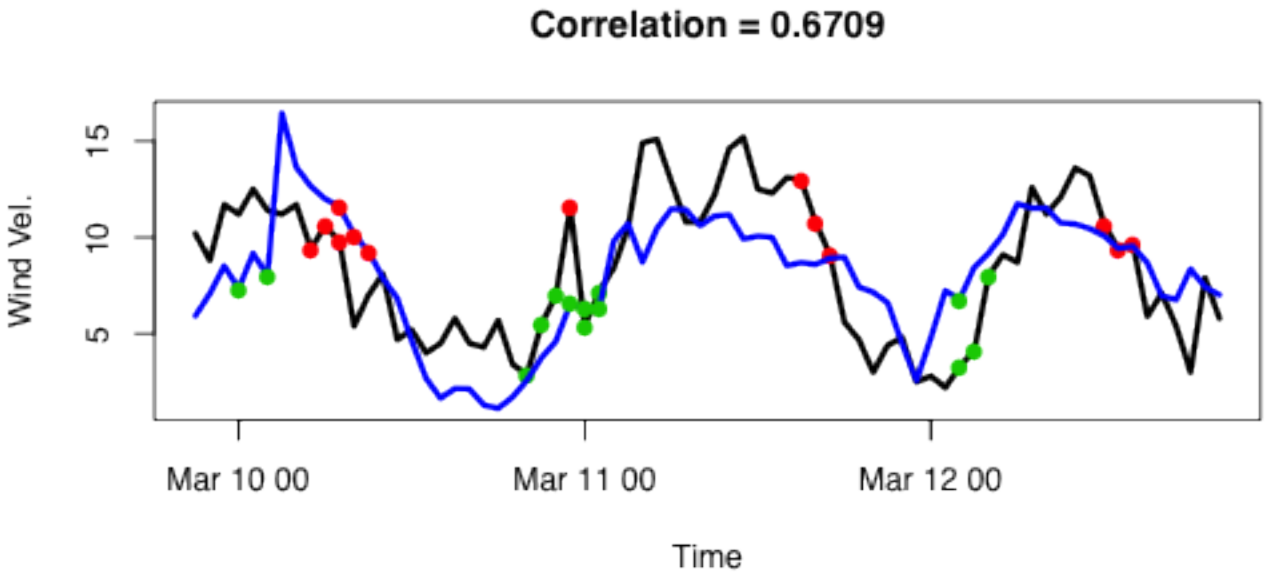
Alta correlación



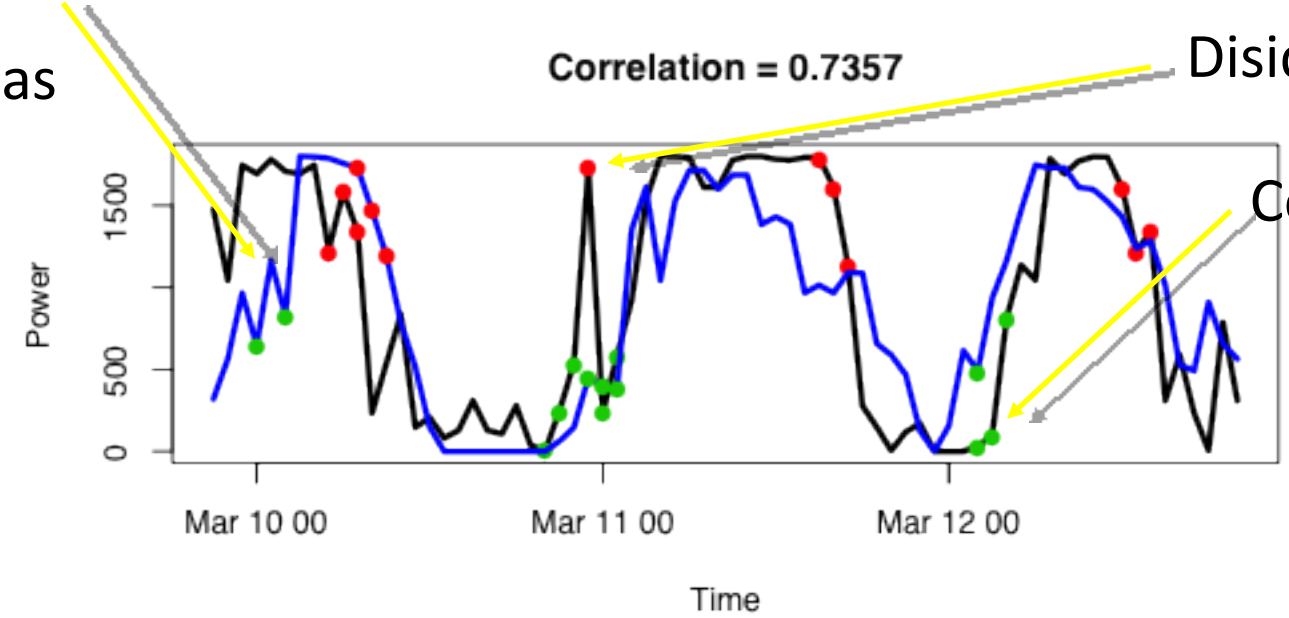


Rampas observadas pero no predichas

Alta correlación



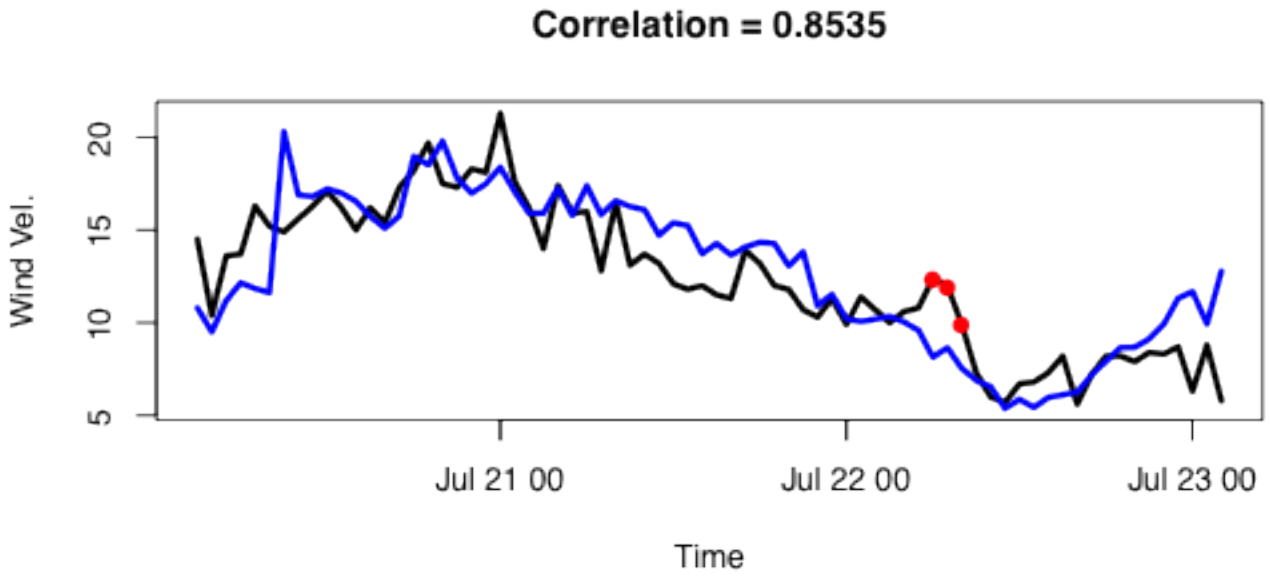
Rampas predichas pero no observadas

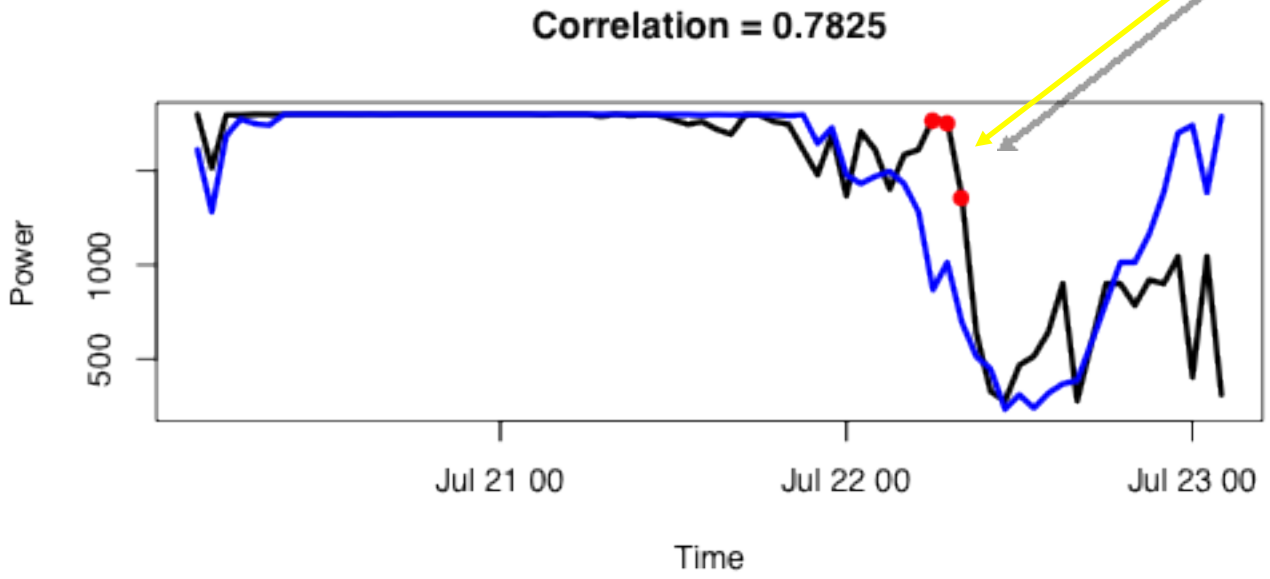


Disidencia

Coincidencia

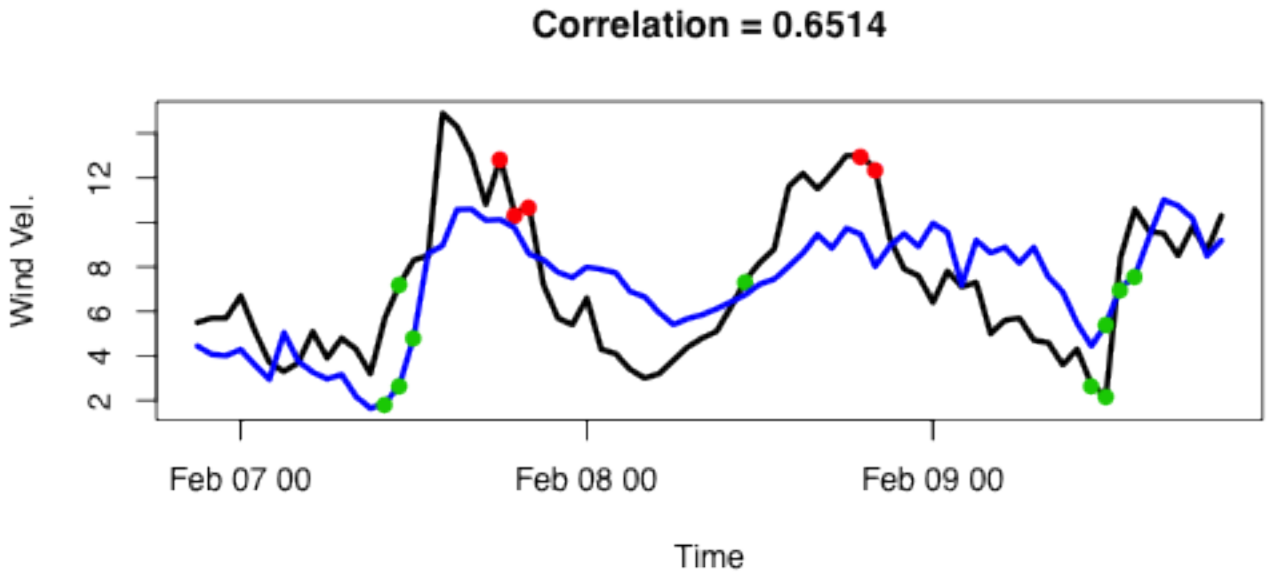
Alta correlación



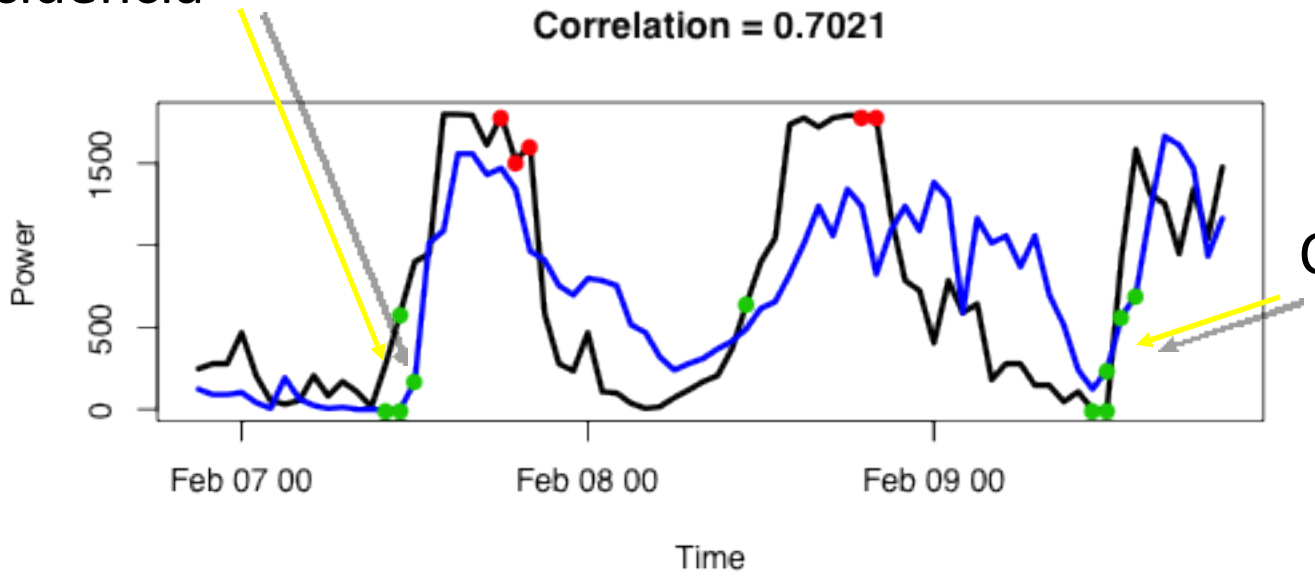


Rampas observadas pero no predichas

Alta correlación



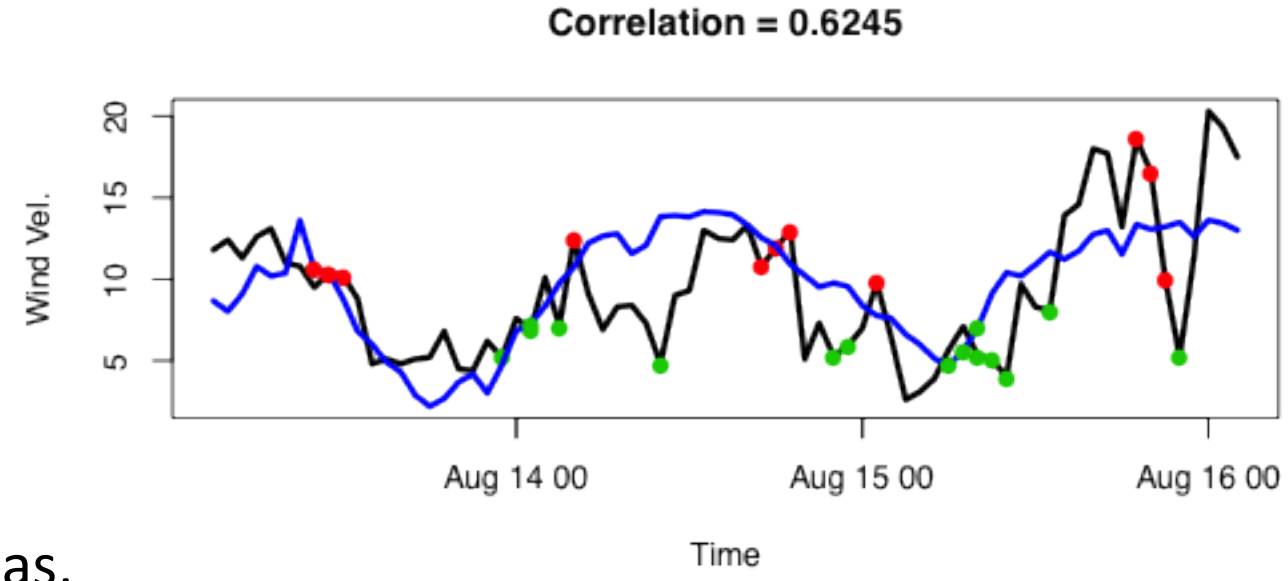
Coincidencia

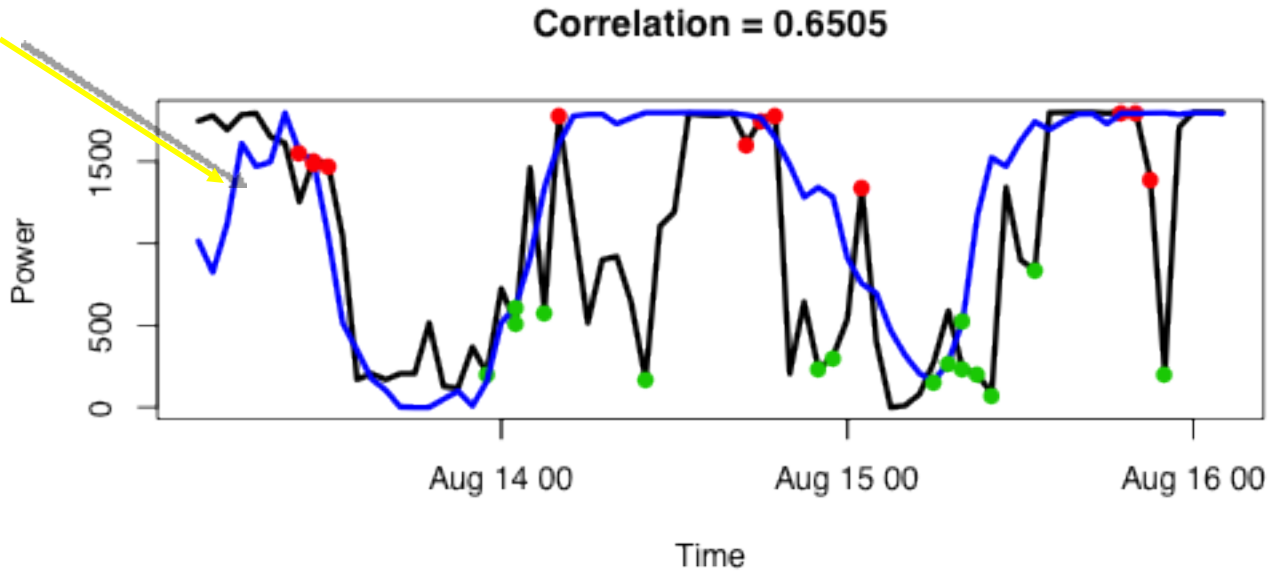


Coincidencia

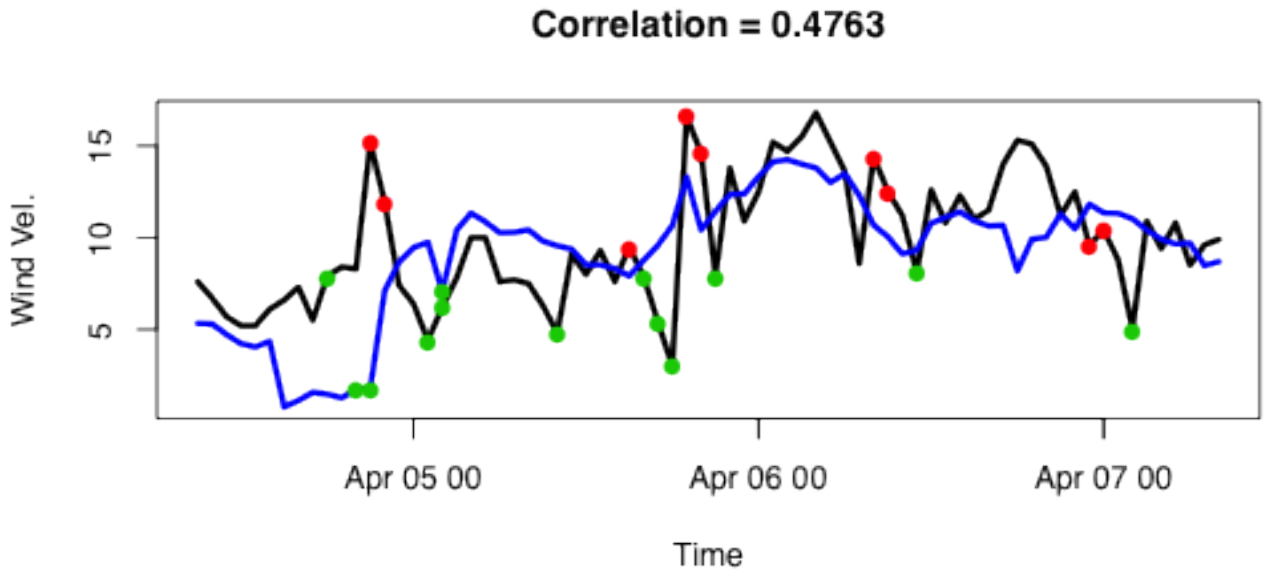
Alta Correlación

Muchas rampas observadas, ni una predicha

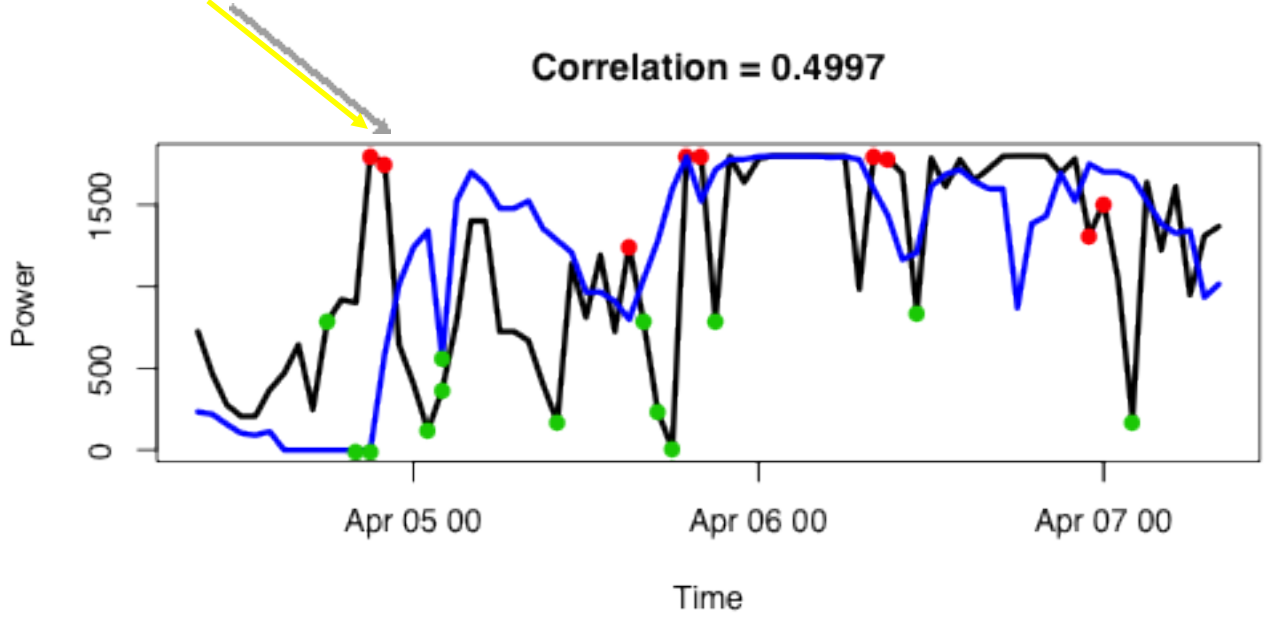




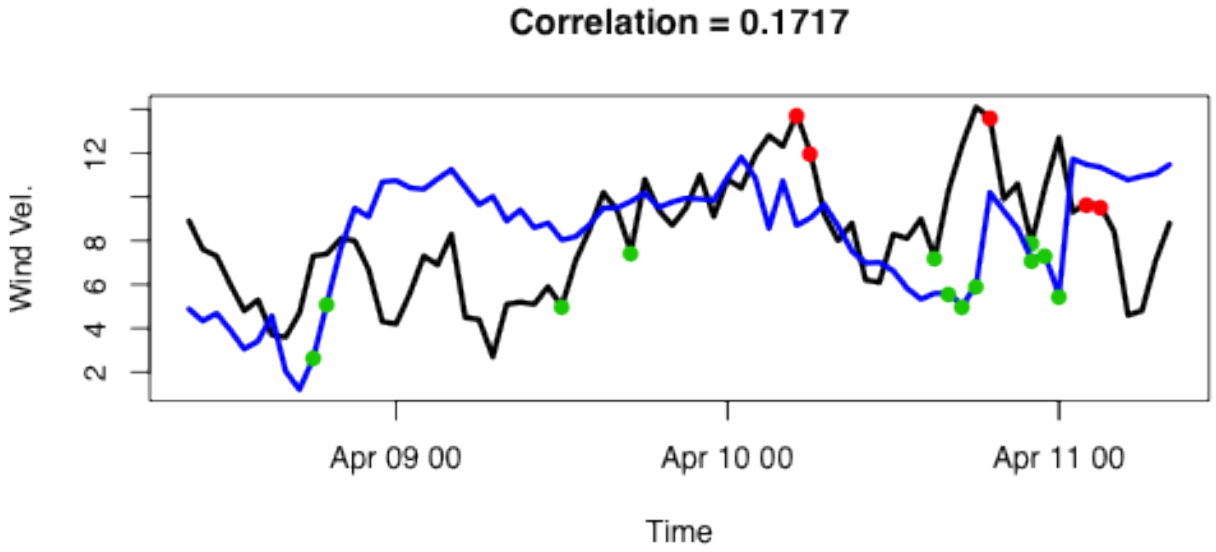
Correlación media

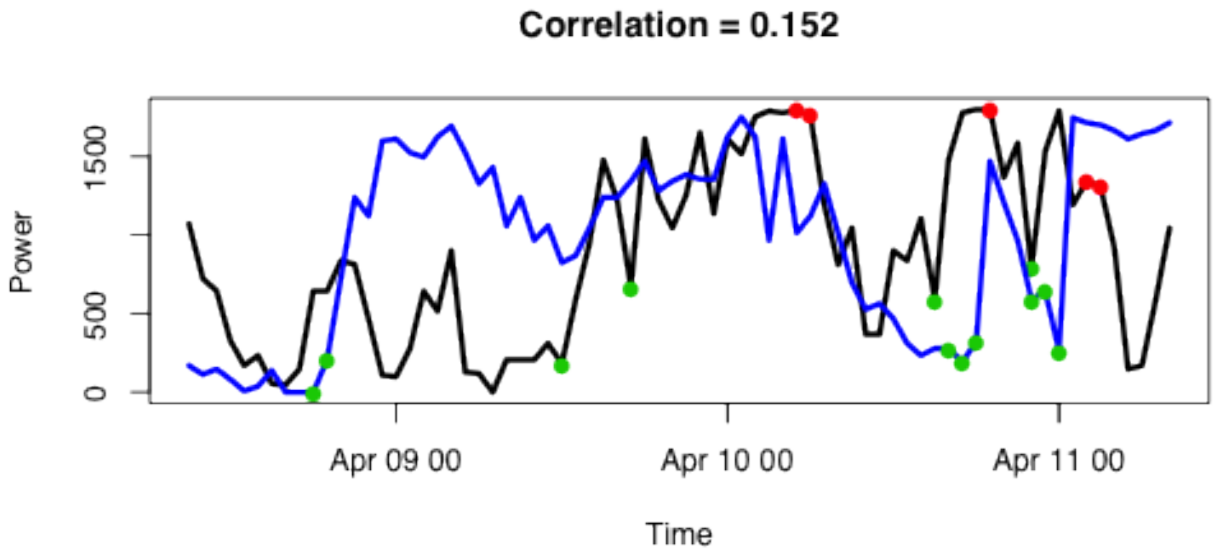


Disidencia

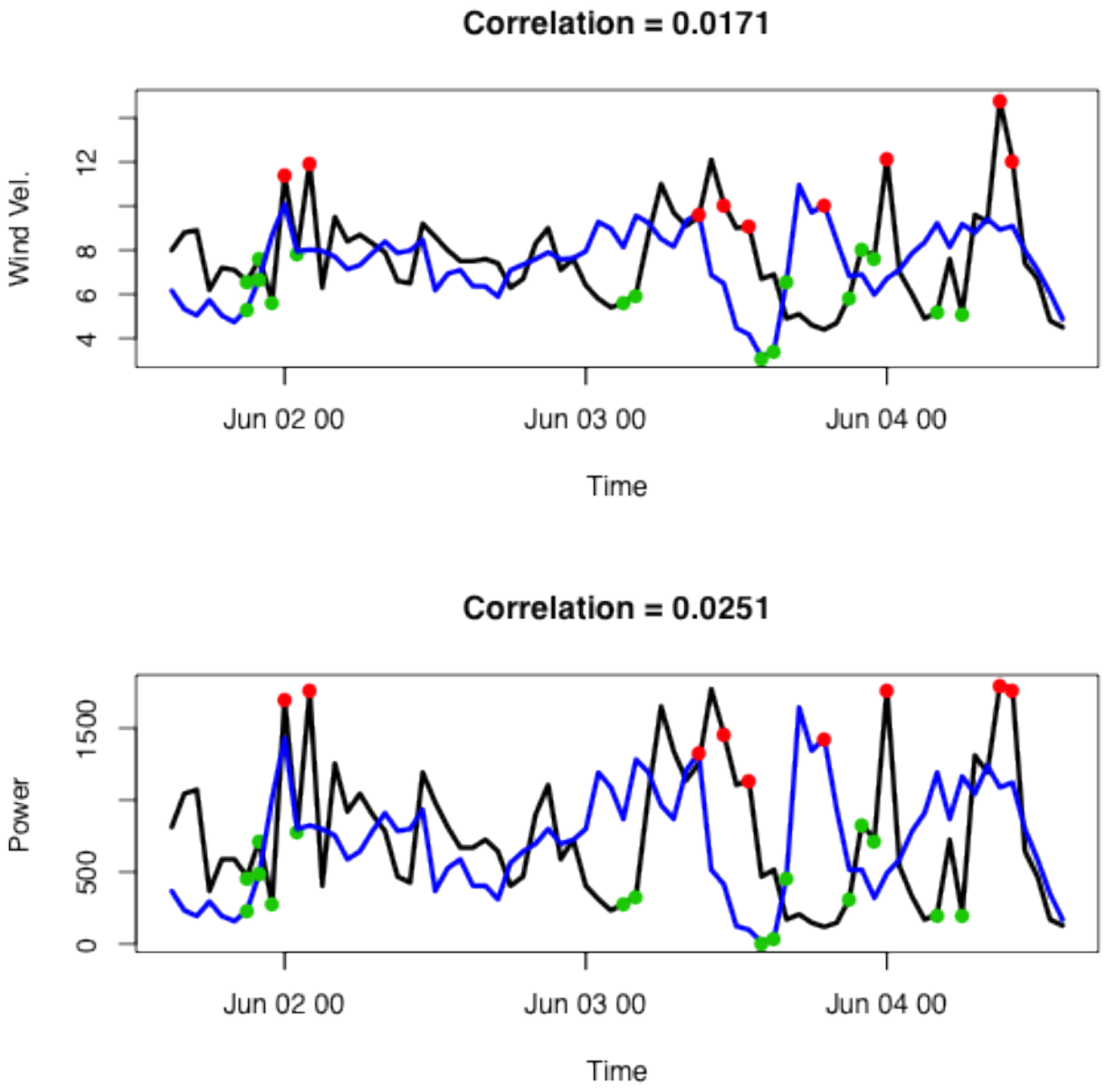


Baja correlación





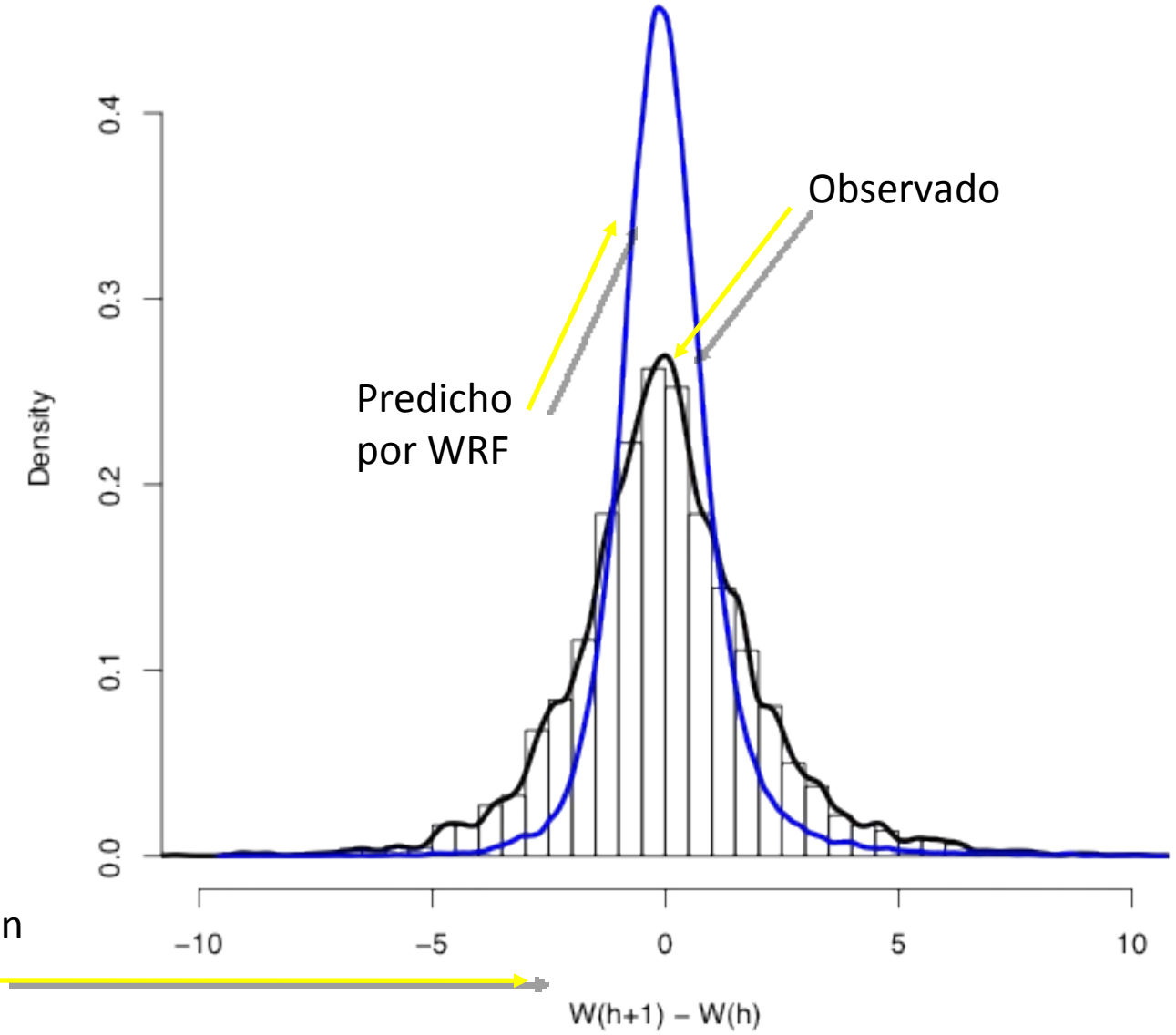
Sin correlación



Límites en la capacidad de detectar rampas de potencia

- Los pronósticos de alta resolución (WRF) subestiman la variabilidad horaria del viento.
- Las condiciones de borde para forzar el modelo de pronostico a alta resolucion cada 3 horas.
- Sólo métodos puramente estadísticos pueden ayudar a predecir rampas, basados en las características de la función de potencia y del historial de vientos de la zona.

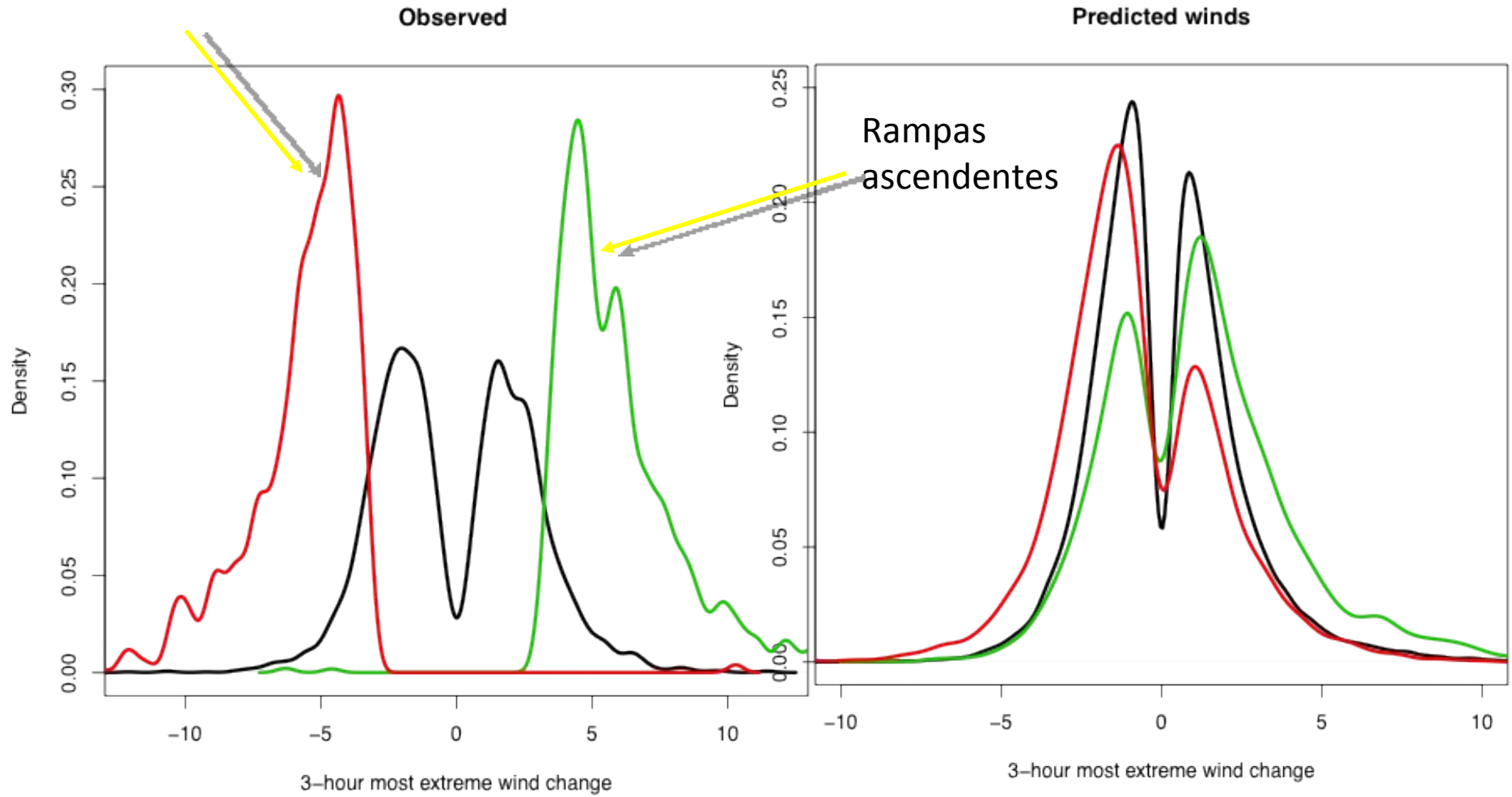
WRF suaviza los cambios



Cambios en
el viento

Cuanta información hay en los cambios de viento (predichos)para detectar rampas?

Rampas descendentes



Propuesta

- Redefinir el concepto de rampa de potencia, en términos de
- Definir un indicador de rampa tomando en cuenta una frecuencia temporal igual o mayor a 3 horas.

EcoClimaSol
Climate Risk Management Solutions

Gracias por su atención

Más información en

info@ecoclimasol.com
www.ecoclimasol.com