

# Predicción de Energías Renovables como Series Temporales

Análisis

# Contents

## ① Definición de Serie Temporal

## ② Energías Renovables

Energía Eólica

Energía Solar

## ③ Análisis de una ST

ST Estacionarias

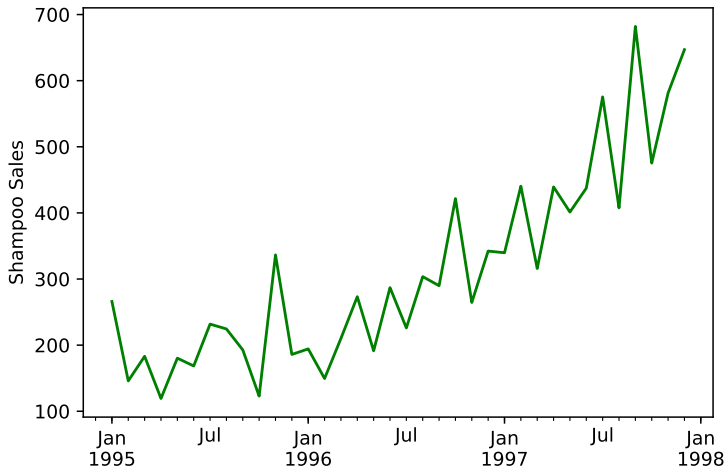
Función de Autocorrelaciones (ACF) y Autocorrelaciones Parciales (PACF)

## Definición de Serie Temporal

# ¿Qué son las Series Temporales (ST)?

- ▶ Una **ST** es un conjunto de datos con una ordenación temporal.
- 
- ▶ Tipos:
    - ▶ **ST Discretas**: muestras recogidas en intervalos constantes de tiempo.
    - ▶ **ST Continuas**: muestras recogidas de forma continua en un intervalo de tiempo.
- 
- ▶ Características principales:
    - ▶ Los datos dependen del tiempo.
    - ▶ Suelen presentar tendencias, a veces con carácter estacional.

## Ejemplo de ST: Ventas de champú por mes



## Energías Renovables

# Energías Renovables

## Energías Renovables

Son aquellas energías que se obtienen de fuentes naturales inagotables.

### Fuentes de Energía

- ▶ **Solar**
- ▶ **Eólica**
- ▶ Hidráulica
- ▶ Biomasa
- ▶ Geotérmica
- ▶ Maremotriz o undimotriz

### ▶ Importancia:

- ▶ Respetuosas con el medioambiente.
- ▶ Ayudan a satisfacer la demanda actual.
- ▶ Una buena predicción permite controlar y gestionar la producción:
  - ▶ Acudir a mercados eléctricos.
  - ▶ Operación y mantenimiento en instalaciones.

# Energía Eólica (I)

- ▶ Energía renovable obtenida mediante la explotación de la fuerza del viento.
- 

- ▶ **Ventajas:**

- ▶ Fuente inagotable.
  - ▶ Los parques eólicos ocupan poco espacio.
  - ▶ No contamina.
  - ▶ Bajo coste.
- 

- ▶ **Inconvenientes:**

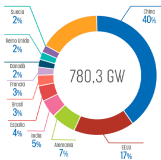
- ▶ El viento no está garantizado.
- ▶ Impacto visual.
- ▶ Afecta a las aves.



# Energía Eólica (II)- Datos

Ranking de países por potencia  
terrestre acumulada

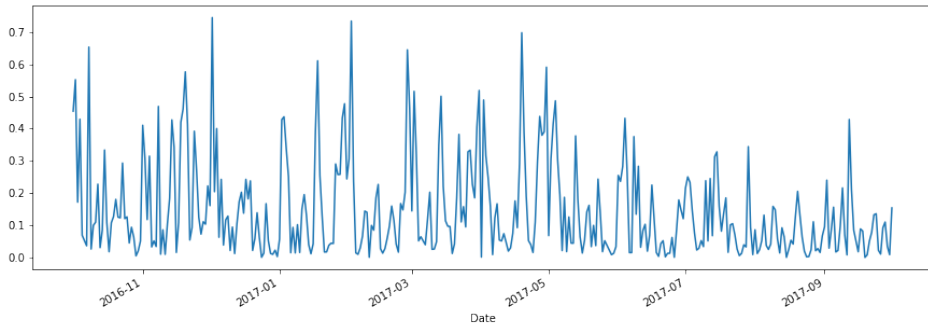
Fuente: GWEC



- ▶ **780 GW** de potencia eólica instalados en todo el mundo en 2022.
  - ▶ España es el 5º país por potencia instalada (**28 GW** en 2022).
  - ▶ Es el 2º a nivel europeo.

- ▶ A nivel mundial, entorno al **5%** del consumo eléctrico proviene de la energía eólica.
  - ▶ En España se cubre el **23%** de la energía consumida.

## Energía Eólica (III)- Ejemplo



## Energía Eólica (IV)- Dificultades

- ① Fluctuaciones rápidas e imprevisibles en la energía.
  - ▶ A nivel global y sobre todo a nivel de parque.
- ② Muy dependiente de la meteorología.
  - ▶ El carácter cambiante del viento tiene mucha influencia.

# Energía Solar (I)

- ▶ Energía renovable relacionada con la radiación solar.
  - ▶ Es la principal fuente de energía del planeta.
- 

## ▶ Tipos:

- ▶ **Energía solar térmica:** se calienta un fluido aprovechando la energía solar. Se utilizan colectores solares.
  - ▶ **Energía solar fotovoltaica:** la luz incide sobre una célula fotovoltaica que produce energía directamente.
- 

## ▶ Ventajas:

- ▶ No contamina.
  - ▶ Inagotable.
  - ▶ Supone un ahorro a nivel individual.
  - ▶ Fácil mantenimiento.
- 


## ▶ Inconvenientes:

- ▶ Alto coste de instalación.
- ▶ Bajo rendimiento (se podría generar más energía).
- ▶ Área de instalación extendida.
- ▶ Discontinuidad del recurso.

# Energía Solar (II)- Datos

- La energía solar es una de las energías más utilizadas en el mundo.

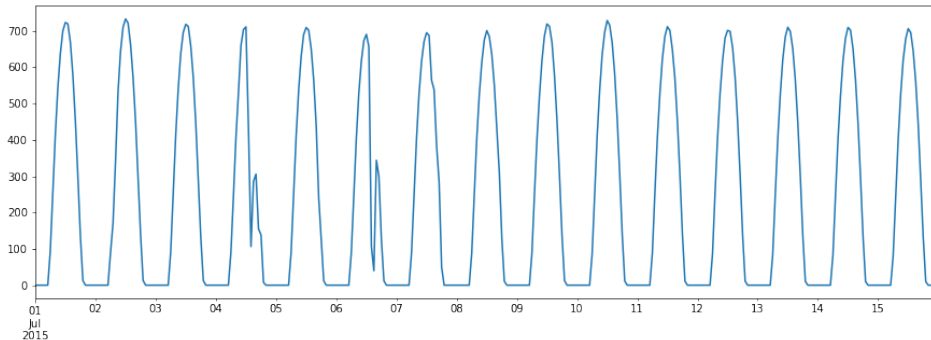
Top 10 por potencia instalada en el año 21, y por potencia acumulada

Potencia instalada en 2021				Potencia acumulada a finales de 2021			
1		China	54,9 GW	1		China	308,5 GW
2		USA	26,9 GW	(2)		European Union*	178,7 GW
(3)		European Union*	26,8 GW	2		USA	123 GW
3		India	13 GW	3		Japan	78,2 GW
4		Japan	6,5 GW	4		India	60,4 GW
5		Brazil	5,5 GW	5		Germany	59,2 GW
6		Germany	5,3 GW	6		Australia	25,4 GW
7		Spain	4,9 GW	7		Italy	22,6 GW
8		Australia	4,6 GW	8		Korea	21,5 GW
9		Korea	4,2 GW	9		Spain	18,5 GW
10		France	3,3 GW	10		Vietnam	17,4 GW

La UE agrupa a 27 países, algunos de los cuales, por separado también entran en estos Top 10

- España: **18GW** de energía **fotovoltaica** y **2,3GW** de **termosolar** instaladas.
  - Se cubre aproximadamente el **11%** del consumo.

## Energía Solar (III)- Ejemplo



## Energía Solar (IV)- Dificultades

- ① La energía solar es bastante regular cuando no hay nubes (modelo *clear sky*).
- ② Cuando hay nubes puede variar con bastante rapidez.

# Energías Renovables - Ventajas de su predicción

- ▶ Mercados eléctricos:
  - ▶ **Mercado diario**: predicciones horarias con un día de antelación.
  - ▶ **Mercado intradiario**: actualización de las predicciones horarias a ciertas horas del día.
- ▶ Una buena predicción  $\Rightarrow$  recompensa económica directa.
- ▶ También ayudan a la buena operación y mantenimiento de los parques eólicos o granjas solares.



## Análisis de una ST

# Cómo analizar una ST

- ① Visualización de los datos.
- ② Estadísticas de los datos:
  - ▶ Media.
  - ▶ Varianza.
  - ▶ Mínimo y máximo.
  - ▶ Cuartiles.

# ST con huecos

- ▶ Existen diferentes opciones para tratar los huecos:
  - ▶ Borrar esos datos.
  - ▶ Rellenarlos:
    - ▶ Media.
    - ▶ Dato anterior o posterior.
    - ▶ Datos aleatorios del resto de la serie.
    - ▶ Interpolación lineal.
    - ▶ Spline.

## Notebook

Cargar los datos como una ST

Visualización

Análisis Estadístico y Preproceso



# Componentes de una ST

- Tipos de componentes:

- Sistemáticos** Recurrentes, y se pueden describir y modelar.

- No sistemáticos** No se pueden modelar directamente.

---

- Toda ST se puede describir con cuatro componentes:

- Nivel** Valor medio de la serie.

- Tendencia** Componente sistemática que cambia en el tiempo y no se repite.

- Estacionalidad** Componente sistemática que cambia en el tiempo y se repite.

- Ruido** Componente no sistemática (es una variable aleatoria).

# Estacionalidad

## Estacionalidad

Ciclos que se repiten regularmente con una misma frecuencia temporal.













### Tipos:

- ▶ Diaria
- ▶ Semanal
- ▶ Mensual
- ▶ Anual
- ▶ ...

# Tendencias

## Tendencias

Valores crecientes o decrecientes de la serie

	Nonseasonal	Additive Seasonal	Multiplicative Seasonal
Constant Level	(SIMPLE)  NN	 NA	 NM
Linear Trend	(HOLT)  LN	 LA	(WINTERS)  LM
Damped Trend (0.95)	 DN	 DA	 DM
Exponential Trend (1.05)	 EN	 EA	 EM

# ST Estacionarias

## ST estacionaria

Una ST es estacionaria cuando no hay cambios sistemáticos en su comportamiento:

- ▶ No hay cambios sistemáticos en su media  $\Rightarrow$  no hay tendencias.
- ▶ No hay cambios sistemáticos en su variación  $\Rightarrow$  no hay estacionalidad.
- ▶ No apreciamos fluctuaciones periódicas.
- ▶ **Resumen:** las observaciones en una ST estacionaria no dependen del tiempo (dos periodos diferentes tienen las mismas propiedades).
- ▶ Vamos a ver que las ST de energías renovables con las que vamos a trabajar son **no estacionarias**.



# Cómo eliminar tendencias, estacionalidad y ruido (I)

¿Por qué eliminar estas componentes?

- ▶ Las ST estacionarias son más sencillas de modelar.
- ▶ Se deben transformar las ST no estacionarias en estacionarias antes de predecir para poder utilizar:
  - ▶ Modelos estadísticos de ST.
  - ▶ Modelos de aprendizaje automático.

# Detectar ST estacionarias: descomposición estacional

- Podemos asumir que una ST es una combinación de sus cuatro componentes.
- La serie se puede aproximar de manera *naive* usando:

① Modelo aditivo

$$y(t) = \text{nivel} + \text{tendencia} + \text{estacionalidad} + \text{ruido}$$

② Modelo multiplicativo

$$y(t) = \text{nivel} * \text{tendencia} * \text{estacionalidad} * \text{ruido}$$

```
statsmodels.statsmodels.tsa.seasonal.seasonal_decompose(x, model='additive', filt=None, period=None, two_sided=True, extrapolate_trend=0)
```

× Debe contener al menos dos ciclos completos de la ST.

**period** El tamaño del periodo de la serie.

Notebook

Seasonal Decompose



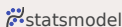
# Detectar ST estacionarias: Test ADF

- ▶ Se trata de un test estadístico con las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula** La serie es no estacionaria.

**Hipótesis alternativa** La serie es estacionaria.

- ▶ Si conseguimos rechazar la hipótesis nula, podemos afirmar que el proceso es estacionario.



```
statsmodels.tsa.stattools.adfuller(x, maxlag=None, regression='c', autolag='AIC',  
store=False, regresults=False)
```

# Detectar ST estacionarias: Test KPSS

- ▶ Se trata de un test estadístico que se formula justo al revés:
  - Hipótesis nula La serie es estacionaria, pero con tendencia.
  - Hipótesis alternativa La serie es no estacionaria.
- ▶ Si conseguimos rechazar la hipótesis nula, podemos afirmar que el proceso es no estacionario.

```
statsmodels.tsa.stattools.kpss(x, regression='c', nlags=None, store=False)
```

# Detectar ST estacionarias: Combinar ambos tests

Como ambos tests nos ofrecen información complementaria, se suelen utilizar juntos.

- Caso 1** Ambos tests parecen indicar que la serie es no estacionaria  $\Rightarrow$  La serie es **no estacionaria**.
- Caso 2** Ambos tests parecen indicar que la serie es estacionaria  $\Rightarrow$  La serie es **estacionaria**.
- Caso 3** KPSS indica estacionaridad y ADF no estacionaridad  $\Rightarrow$  La serie es **estacionaria con tendencia** (y hay que eliminar esa tendencia).
- Caso 4** KPSS indica no estacionaridad y ADF estacionaridad  $\Rightarrow$  La serie es **estacionaria por diferencias** (diferenciando la serie, llegamos a una serie estacionaria).

Notebook

Test ADF y KPSS



# Otros Métodos de Detección Automática para ST no estacionarias

## Detección automática de tendencias

- ▶ Se puede utilizar un operador de medias móviles.
- ▶ En Python se puede calcular con una **convolución**, usando la función de *NumPy* `convolve`.

## Detección automática de estacionalidad

- ▶ Se pueden utilizar transformadas de Fourier y ver los picos.
- ▶ En Python se puede utilizar la función `fft` de *NumPy*.



## Cómo eliminar tendencias, estacionalidad y ruido (II)

- ▶ Una vez detectado si tenemos tendencias y/o estacionalidad podemos aplicar el método de la **diferenciación**.

$$\text{diferencia}(t) = x(t) - x(t - \text{desfase}) .$$

- ▶ Para eliminar tendencias: desfase=1.
  - ▶ Para eliminar estacionalidad: desfase= “ancho” del ciclo.
- ▶ Se aplicará el método tantas veces (orden) como sea necesario para eliminar la componente.
- ▶ **¡CUIDADO!** Tras predecir, hay que invertir este proceso...

Notebook

Conversión en ST estacionarias



# Covarianza y Correlación

- ▶ La **covarianza** mide la dependencia lineal entre dos variables.
- 

- ▶ La **correlación** estadística mide esta relación de forma acotada.

$$\text{Correlacion} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\text{Std}(X)\text{Std}(Y)}.$$

- ▶ Coeficiente de correlación  $\rho$ :
  - ▶  $\rho \in [-1, 1]$ .
  - ▶ 0 indica que no hay relación entre las variables.

# Autocorrelación

## Autocorrelación

Correlación entre las observaciones de una ST con sus observaciones previas.

$$\text{Autocorrelacion} = \frac{\text{Cov}(X_t, X_{t+k})}{\text{Var}(X_t)}.$$

- ▶ Hay que calcularlo para diferentes intervalos de tiempo:
    - ▶  $C_k \in [-1, 1]$  es la autocorrelación en un intervalo,
    - ▶ donde  $k$  es el intervalo considerado.
- 
- ▶ Diagrama: **correlograma** (ACF – AutoCorrelation Function)
    - ▶ Pinta los coeficientes de correlación para todos los retrasos posibles.



```
statsmodels.tsa.stattools.acf(x, adjusted=False, nlags=None, qstat=False, fft=True,  
                             alpha=None, bartlett_confint=True, missing='none')
```

# Función de Autocorrelación Parcial

- ▶ La autocorrelación parcial de intervalo  $k$  es la correlación resultante borrando el efecto de correlaciones de intervalos menores.
- ▶ Hay que calcularlo para los diferentes intervalos de tiempo.
- ▶ Diagrama: **correlograma parcial** (PACF – Partial AutoCorrelation Function)

```
statsmodels.tsa.stattools.pacf(x, nlags=None, method='ywadjusted', alpha=None)
```

Notebook

Análisis de ACF y PACF



# Resumen

- ▶ Una ST es un conjunto de datos con una ordenación temporal.
  - ▶ La energía eólica y la solar son ST.
- 
- ▶ Cómo enfrentarnos a una ST:
    - ▶ Visualización:
      - ▶ Detección de tendencias.
      - ▶ Detección de estacionalidad.
    - ▶ Descripción estadística.
    - ▶ Eliminamos las tendencias y la estacionalidad.
    - ▶ Diagramas ACF y PACF.

# Predicción de Energías Renovables como Series Temporales

Ángela Fernández Pascual

---

**Gracias por vuestra atención.**