

ANÁLISIS DE SERIES DE GENERACIÓN EÓLICAS EXTENDIDAS EMPLEANDO VORTEX SERIES

Pablo Toledo e Ilan Cañas

Engie Chile



Contexto

Con el fin de poder aportar más información para el análisis financiero y de riesgos, es necesario contar con series de producción horaria que puedan dar cuenta de las variabilidades de la producción eólica. La variabilidad se presenta, entre otras, en dimensiones interanual, intermensual e intradía

También es necesario contar con series de producción extendidas para:

- ❖ **Análisis de pérdidas por curtailment relacionado con restricciones de red**
- ❖ **Dimensionamiento de soluciones BESS**

Introducción

Para los análisis antes mencionados usualmente se emplean “matrices 12x24” o “series 8760”

Estas representan producciones de un año “P50”

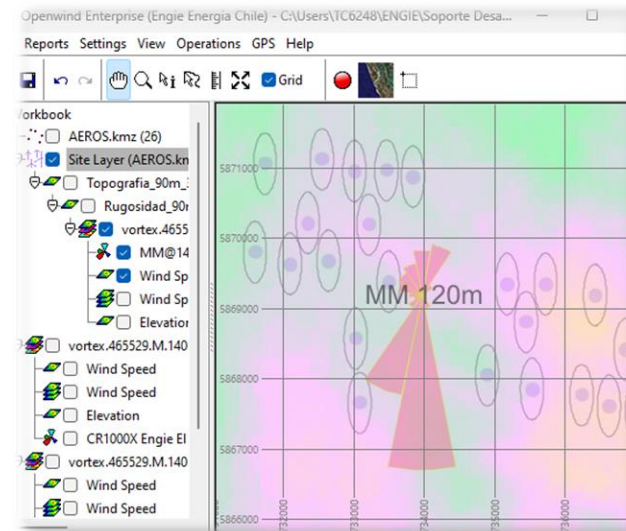
En ocasiones se ha intentado representar otros años, por ejemplo, años “P90”

Hour	Energy Production ^a [%]											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0000	0.44	0.37	0.34	0.35	0.42	0.44	0.46	0.46	0.41	0.38	0.43	0.43
0100	0.41	0.35	0.34	0.36	0.43	0.42	0.45	0.44	0.39	0.35	0.41	0.41
0200	0.38	0.34	0.34	0.36	0.42	0.43	0.47	0.45	0.38	0.34	0.40	0.41
0300	0.37	0.34	0.33	0.35	0.42	0.43	0.47	0.44	0.35	0.33	0.38	0.39
0400	0.37	0.33	0.32	0.35	0.40	0.43	0.46	0.42	0.33	0.33	0.36	0.37
0500	0.34	0.31	0.31	0.36	0.40	0.43	0.46	0.42	0.33	0.33	0.36	0.37
0600	0.31	0.29	0.31	0.36	0.40	0.43	0.46	0.42	0.33	0.32	0.34	0.35
0700	0.24	0.25	0.29	0.35	0.40	0.44	0.48	0.43	0.34	0.32	0.31	0.32
0800	0.18	0.18	0.24	0.34	0.42	0.49	0.48	0.43	0.33	0.27	0.23	0.23
0900	0.17	0.15	0.20	0.31	0.38	0.48	0.46	0.40	0.29	0.21	0.18	0.20
1000	0.17	0.16	0.20	0.28	0.33	0.44	0.43	0.38	0.24	0.20	0.19	0.19
1100	0.17	0.17	0.20	0.26	0.29	0.38	0.40	0.33	0.23	0.23	0.21	0.20
1200	0.18	0.19	0.20	0.26	0.27	0.32	0.37	0.34	0.26	0.26	0.23	0.23
1300	0.22	0.23	0.23	0.26	0.26	0.30	0.35	0.34	0.27	0.28	0.26	0.27
1400	0.28	0.27	0.27	0.27	0.29	0.32	0.35	0.38	0.30	0.31	0.32	0.36
1500	0.33	0.31	0.29	0.26	0.29	0.34	0.37	0.40	0.31	0.33	0.36	0.40
1600	0.39	0.35	0.31	0.27	0.29	0.38	0.38	0.40	0.32	0.35	0.36	0.42
1700	0.43	0.36	0.31	0.28	0.30	0.38	0.42	0.40	0.36	0.38	0.36	0.42
1800	0.42	0.36	0.30	0.29	0.33	0.37	0.40	0.40	0.32	0.35	0.36	0.42
1900	0.40	0.34	0.30	0.33	0.37	0.42	0.40	0.40	0.32	0.34	0.34	0.38
2000	0.40	0.34	0.33	0.36	0.39	0.50	0.44	0.43	0.40	0.42	0.40	0.41
2100	0.42	0.36	0.36	0.36	0.39	0.49	0.46	0.45	0.42	0.42	0.44	0.43
2200	0.45	0.39	0.36	0.34	0.39	0.48	0.46	0.46	0.42	0.42	0.45	0.44
2300	0.46	0.39	0.35	0.34	0.41	0.47	0.47	0.46	0.42	0.41	0.45	0.44
All	7.94	7.14	7.05	7.62	8.63	10.01	10.33	9.75	7.94	7.60	7.82	8.16

Series de generación extendidas

Para proyectos en Norte y Sur de Chile se generan series extendidas de generación

Esta presentación trata de las series para un proyecto (150+ MW) en Sur de Chile, Region de Bío Bío



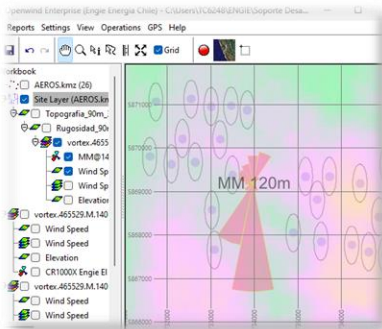
Series de generación extendidas



Mediciones en sitio: Mástil 120m 3.5 años de medición
Años completos 2022-2024



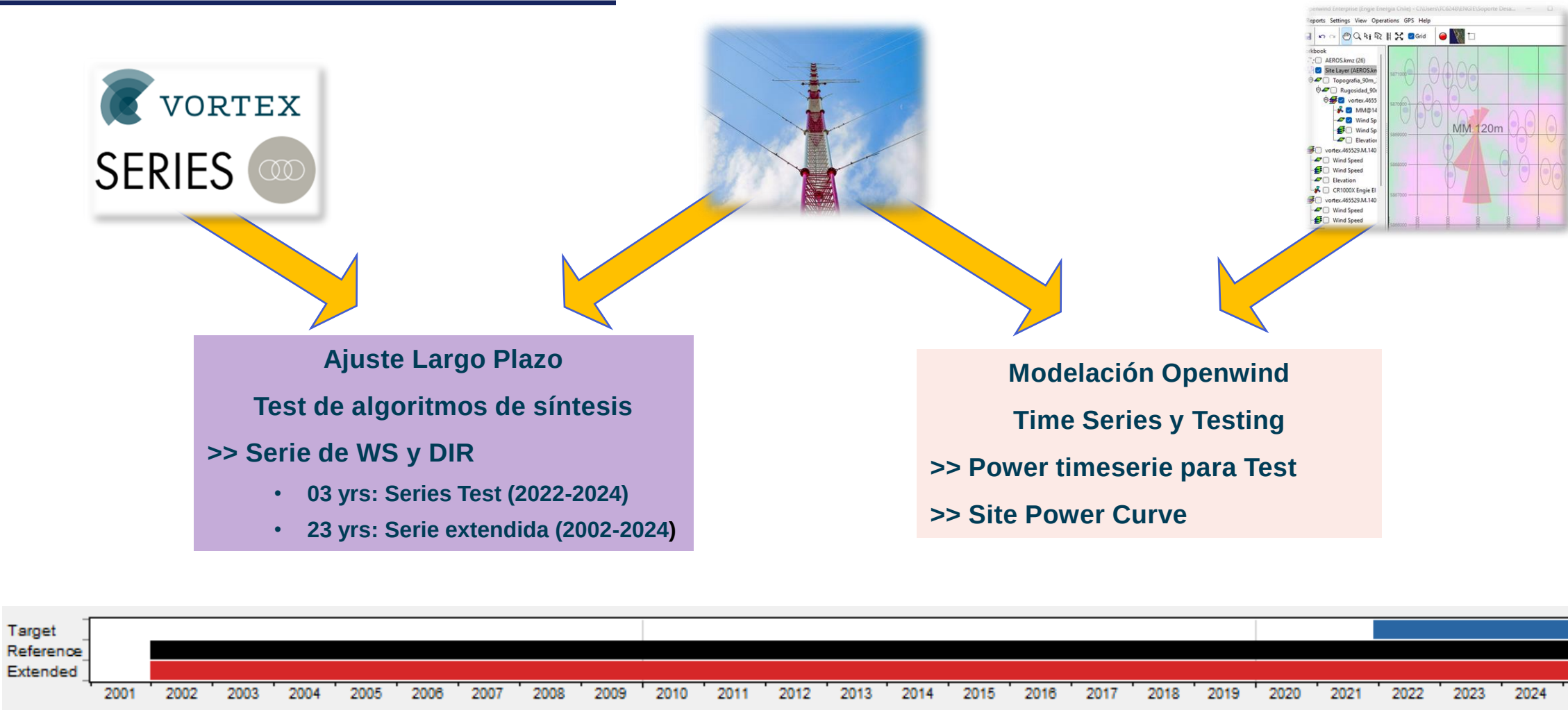
Vortex SERIES para ubicación de mástil (no remodeling)
Se utiliza data desde 2002 a actualidad



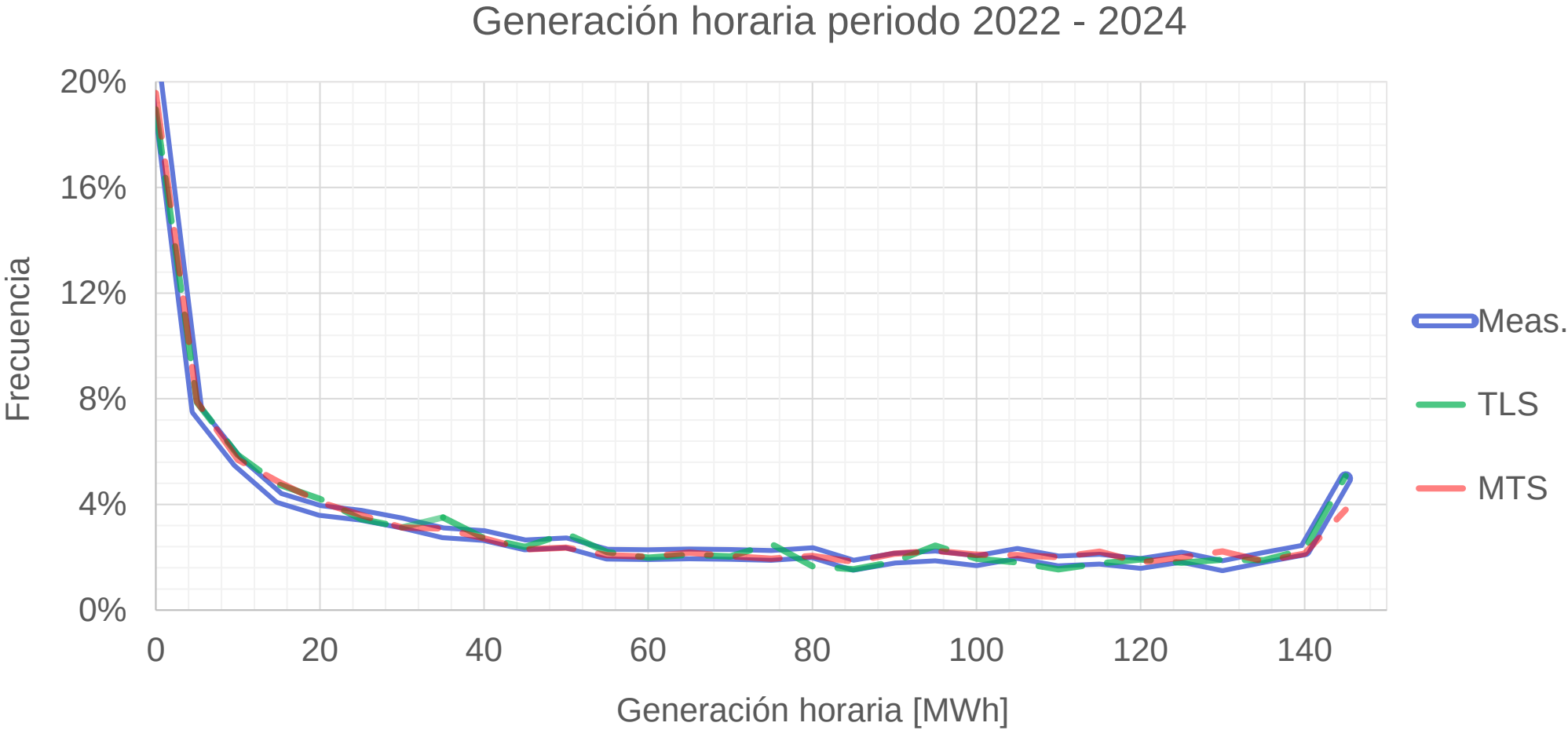
Modelación en Openwind para:

- **Serie de producción periodo medido**
- **Site Power Curve (WS, Dir, AD)**

Resumen metodología



Resumen metodología: Test de algoritmos



Consideraciones de pérdidas

Perdidas eléctricas incorporadas en Site Power Curve

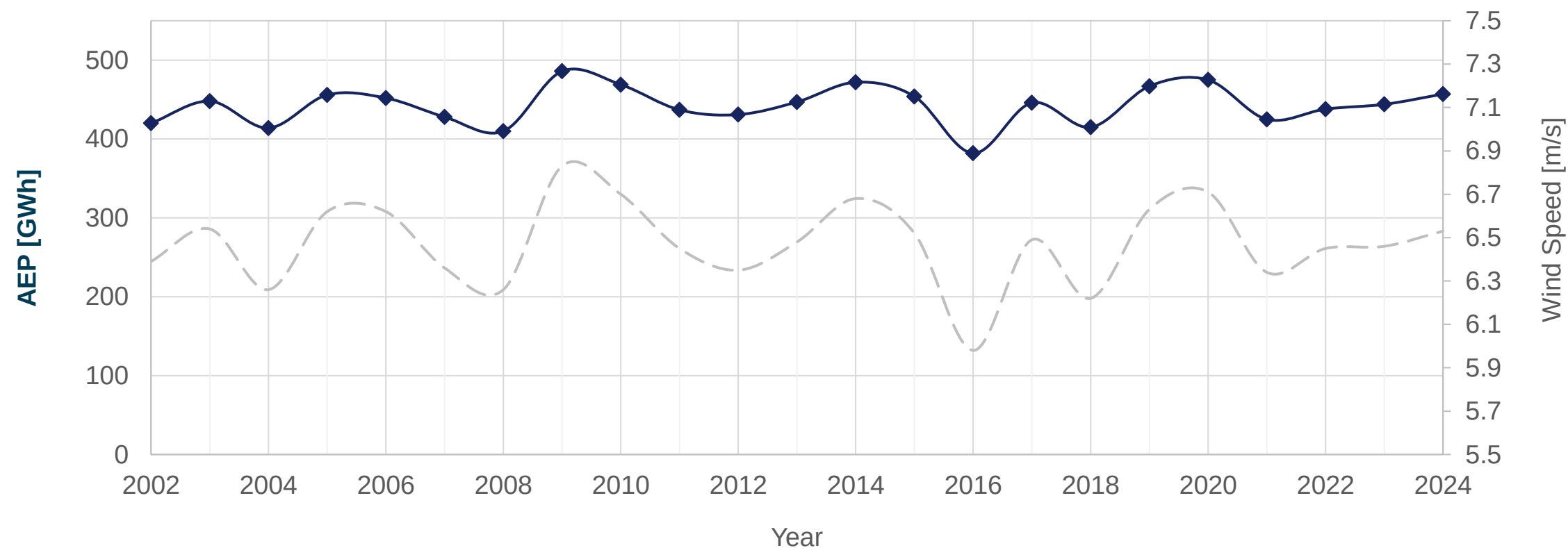
Otras perdidas distintas de estelas o eléctricas no incorporadas en la serie

- **Indisponibilidad**
- **Blockage**
- **Curtailment**
- **Restricciones ambientales (ruido, shadow flicker, etc)**
- **Degradación**
- **Wind Sector Management**
- **Sub-optimal performance**

Serie Extendida

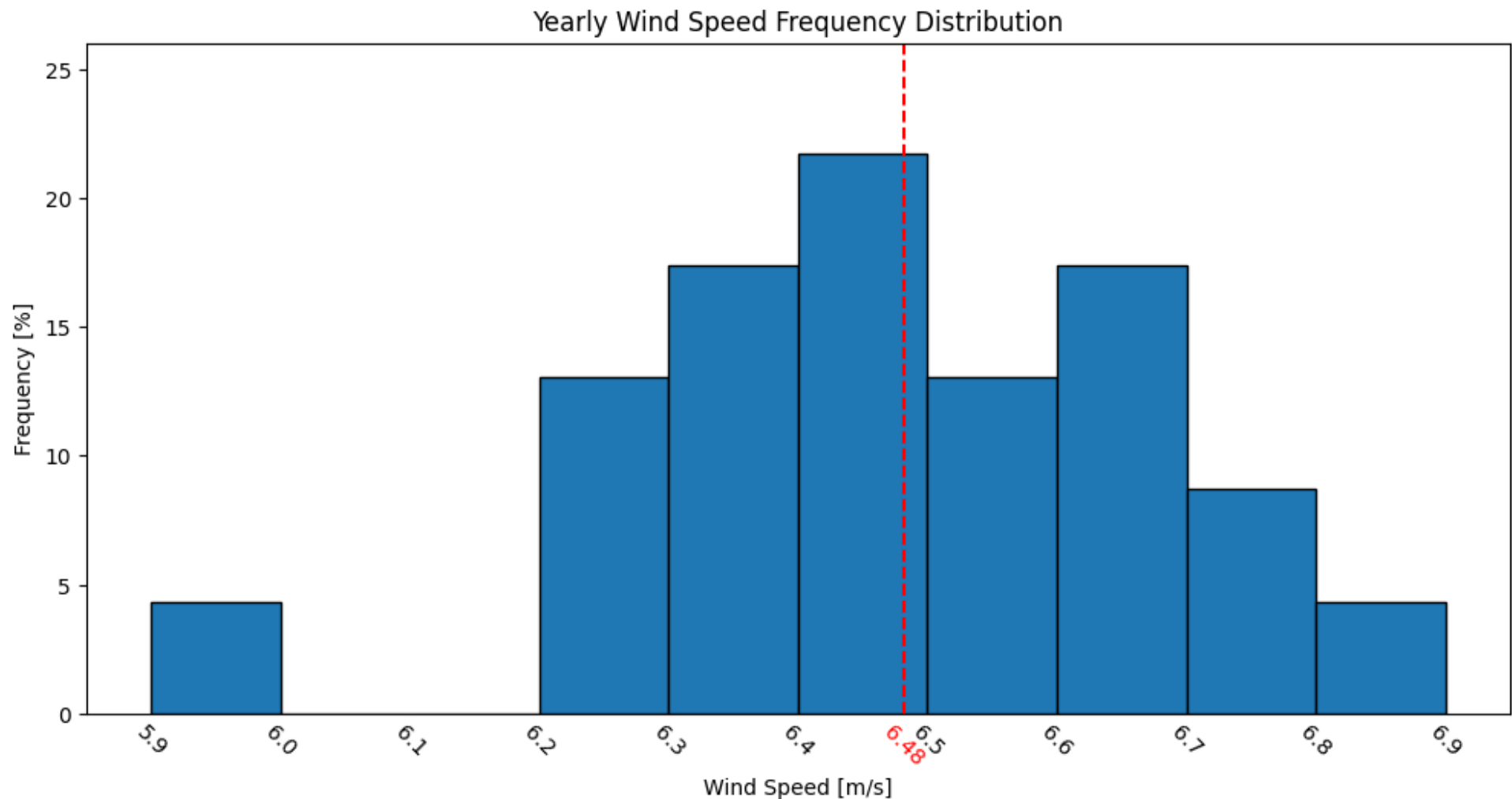
IAV(Ws) =	3.0%
IAV(Gen) =	5.6%
SR(OW) =	1.87

Serie extendida de generación anual

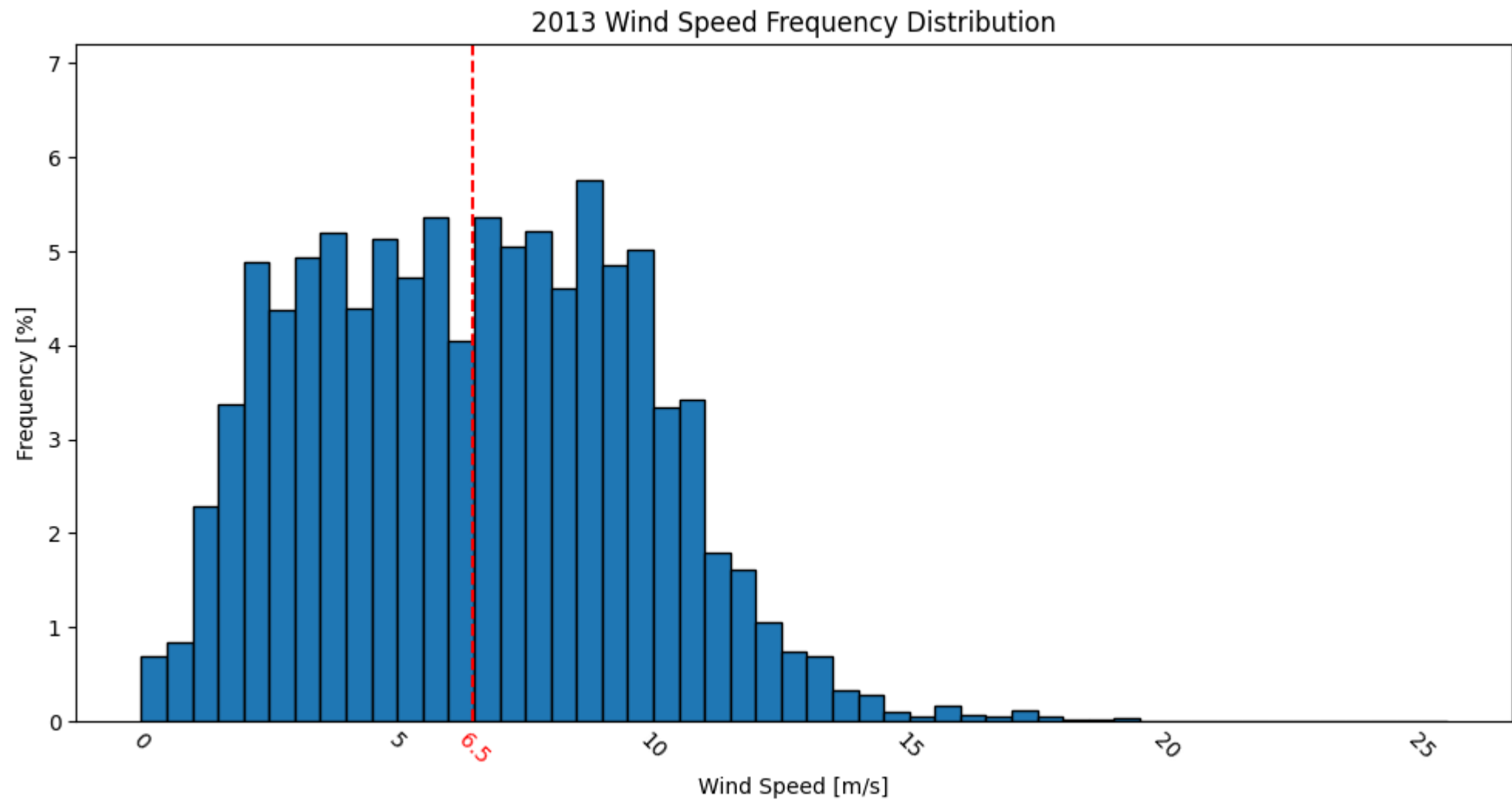


Análisis de Serie Extendida: Histograma de la Velocidad del Viento Interanual

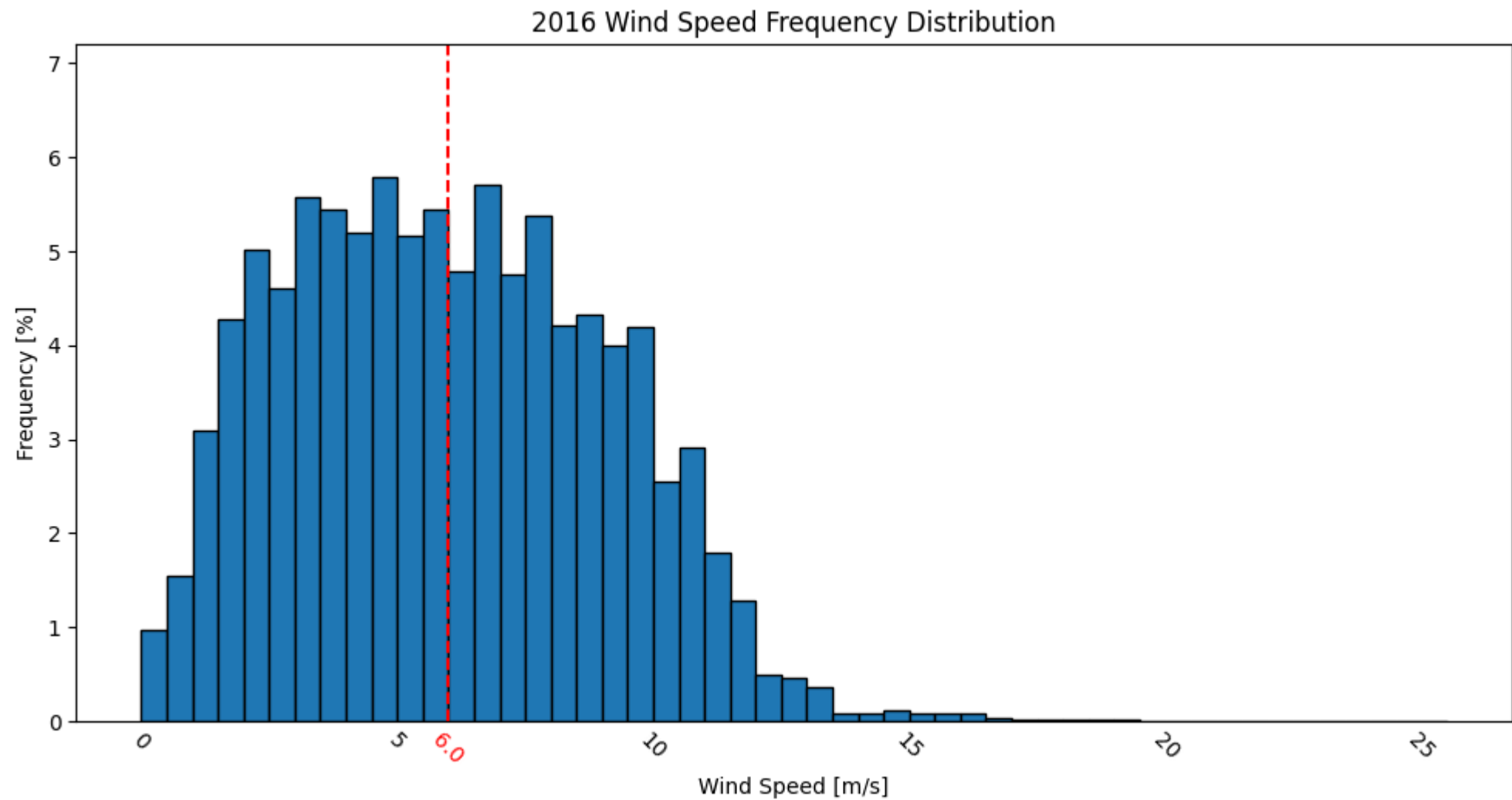
Year	Wind Speed
2002	6.39 m/s
2003	6.54 m/s
2004	6.26 m/s
2005	6.62 m/s
2006	6.62 m/s
2007	6.36 m/s
2008	6.26 m/s
2009	6.83 m/s
2010	6.70 m/s
2011	6.45 m/s
2012	6.35 m/s
2013	6.48 m/s
2014	6.68 m/s
2015	6.52 m/s
2016	5.98 m/s
2017	6.49 m/s
2018	6.22 m/s
2019	6.63 m/s
2020	6.71 m/s
2021	6.34 m/s
2022	6.45 m/s
2023	6.46 m/s
2024	6.53 m/s



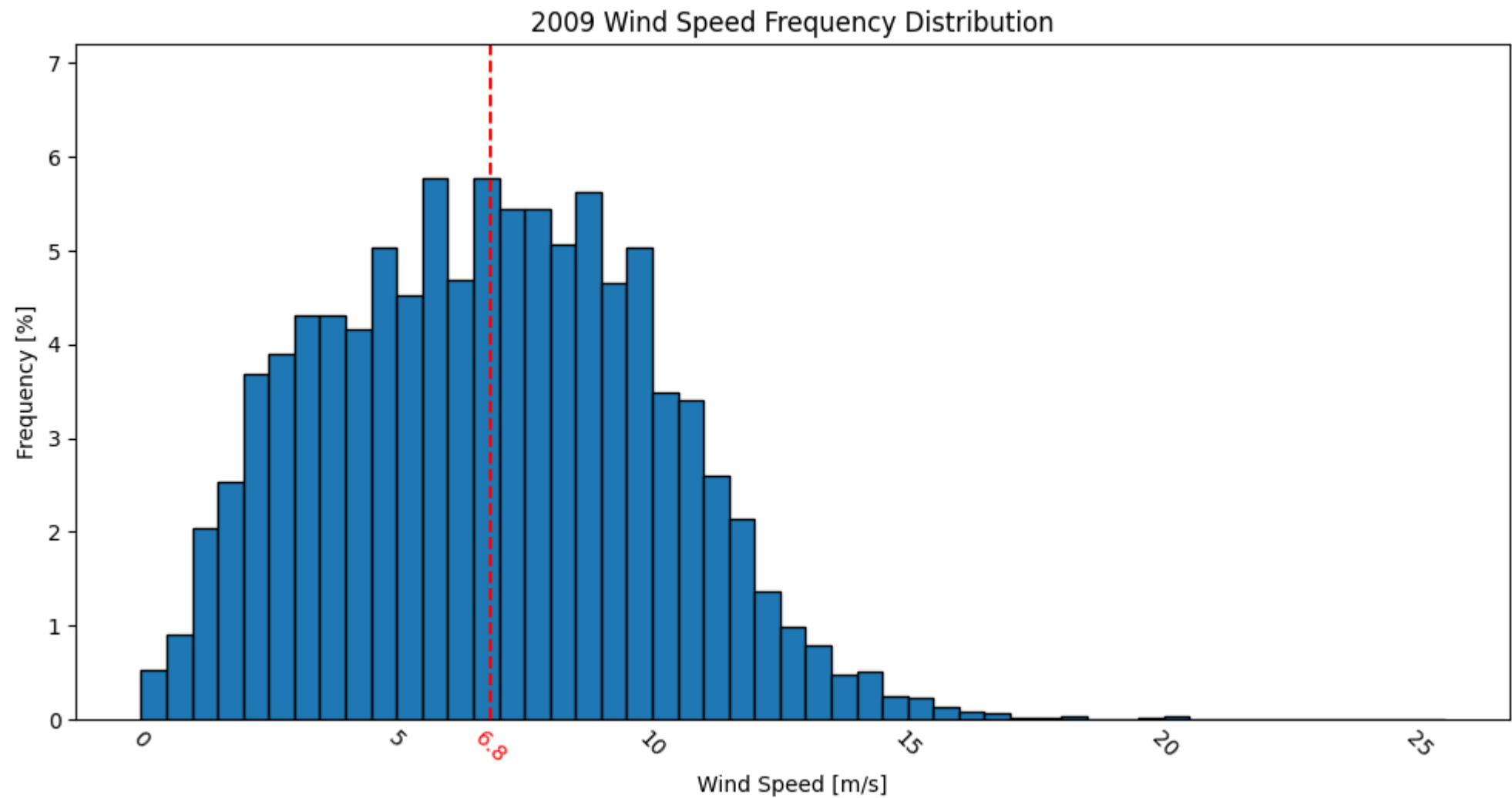
Análisis de Serie Extendida: 2013



Análisis de Serie Extendida: 2016

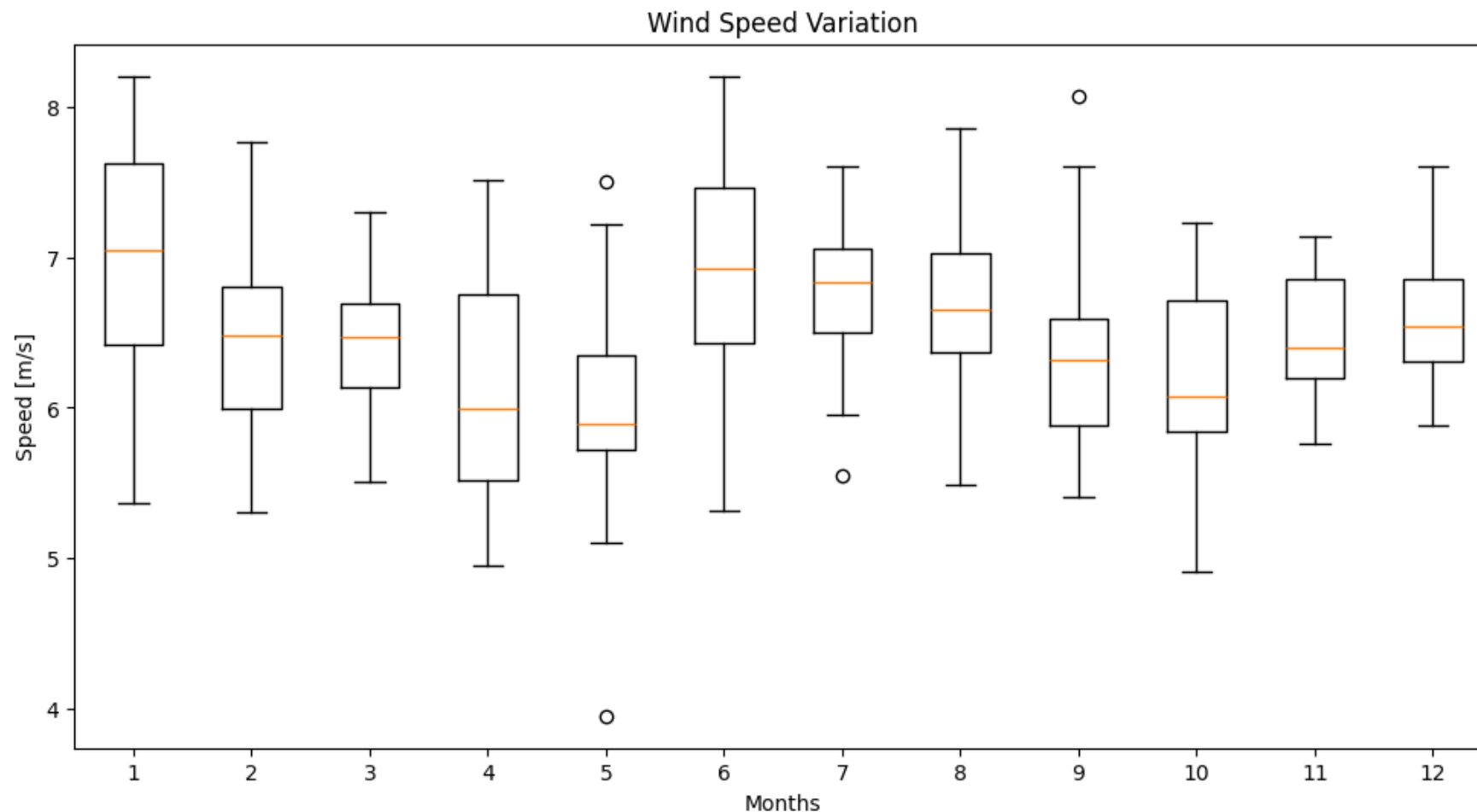


Análisis de Serie Extendida: 2009

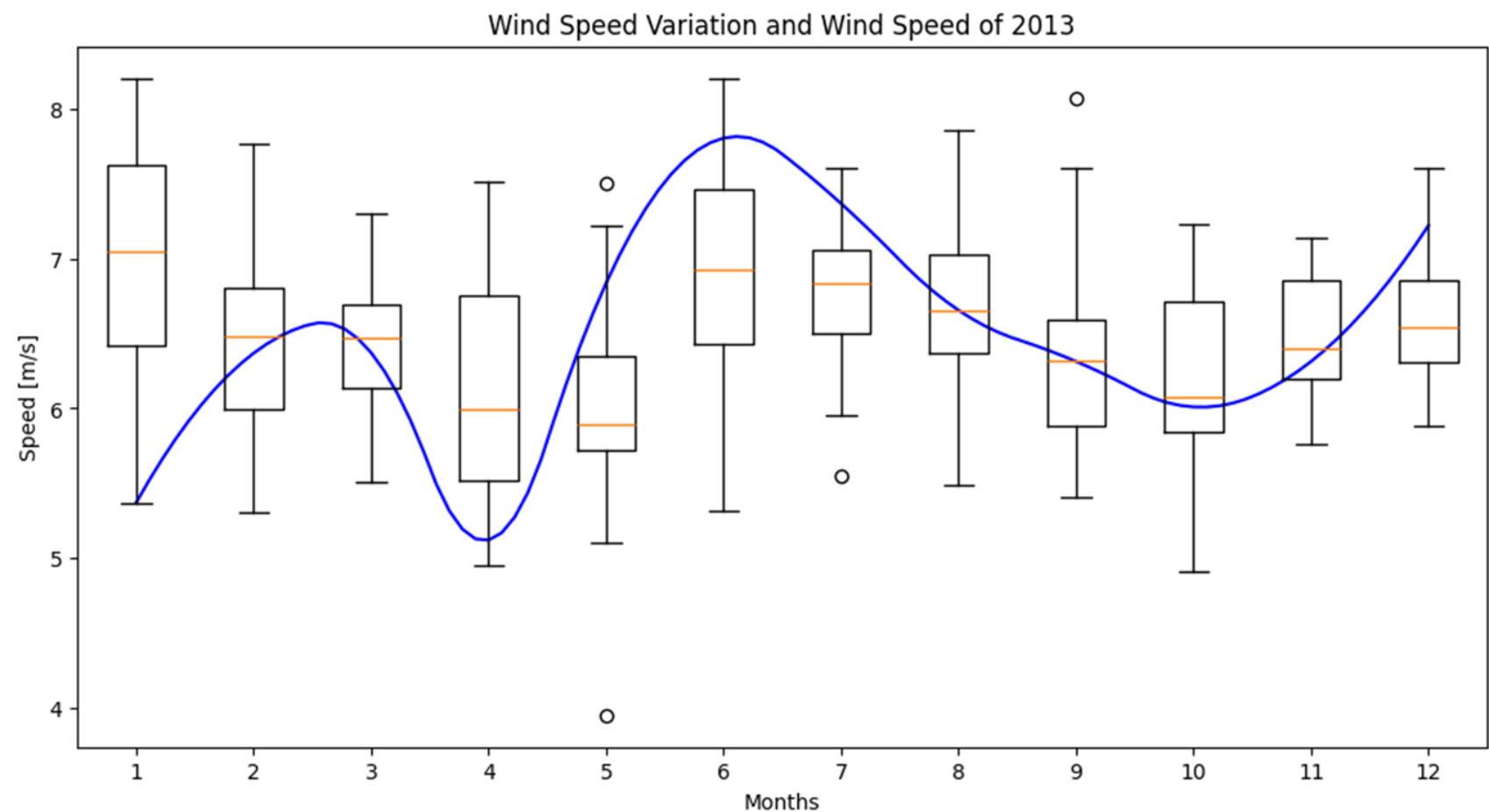


Análisis de Serie Extendida: Variabilidad Interanual de la Velocidad del Viento

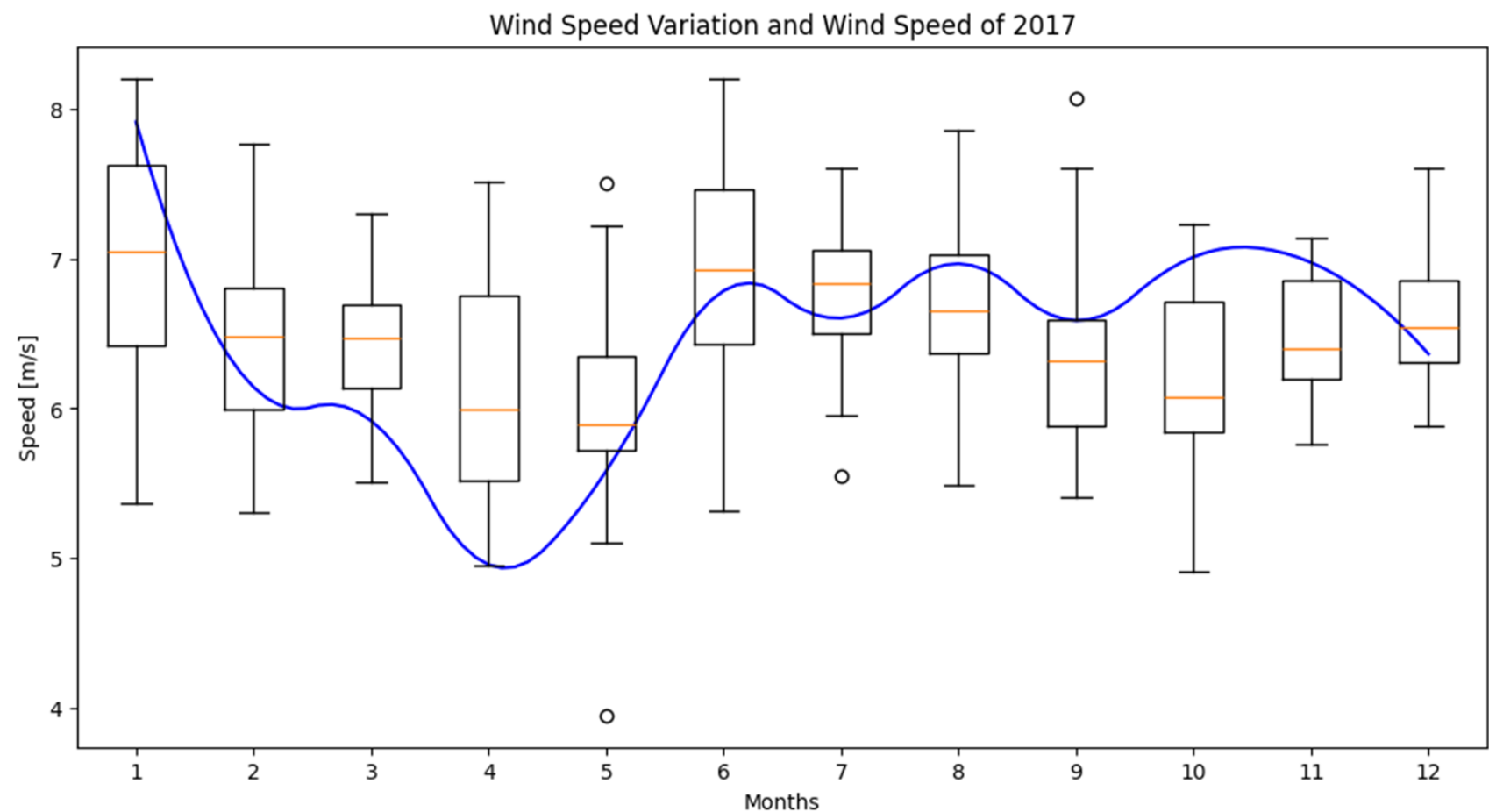
- Barra naranja P50
- Las cajas contienen del P75 al P25 (IQR)
- Los bigotes llegan a P75 y $1.5 \times \text{IQR}$
- Los puntos individuales son los valores atípicos



Análisis de Serie Extendida: 2013

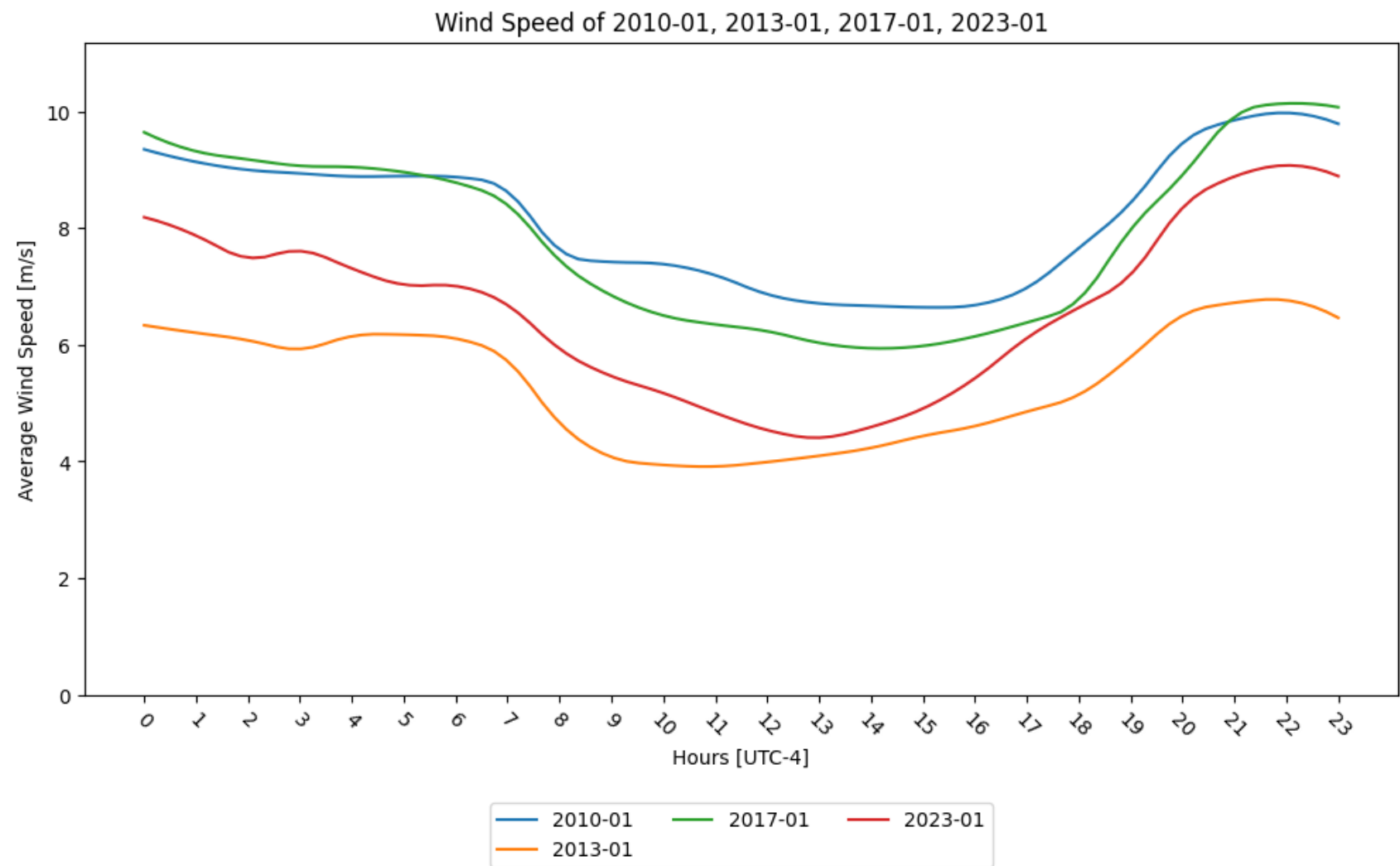


Análisis de Serie Extendida: 2017



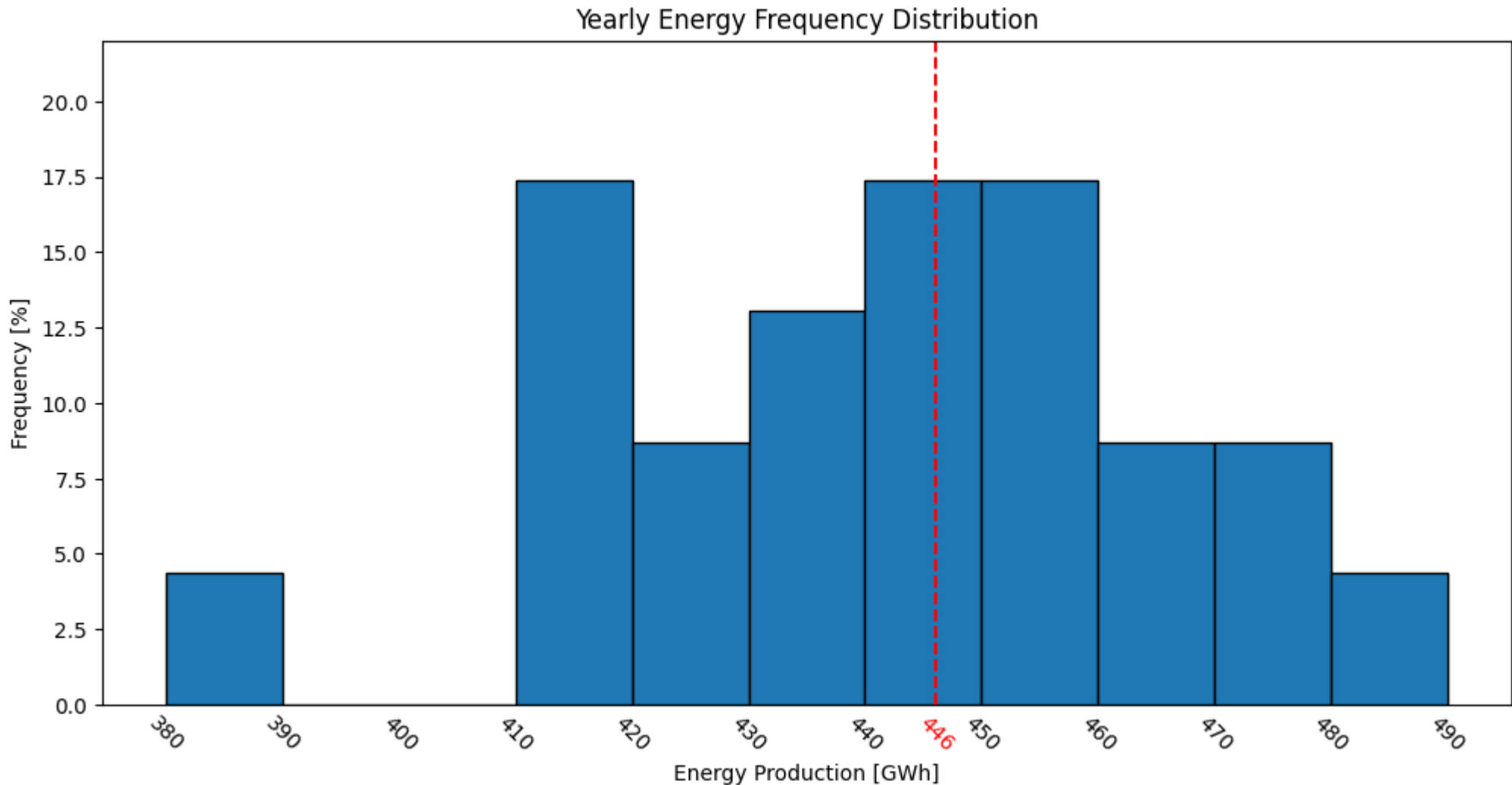
Análisis de Serie Extendida: Enero

Year	Wind Speed
2002	6.39 m/s
2003	6.54 m/s
2004	6.26 m/s
2005	6.62 m/s
2006	6.62 m/s
2007	6.36 m/s
2008	6.26 m/s
2009	6.83 m/s
2010	6.70 m/s
2011	6.45 m/s
2012	6.35 m/s
2013	6.48 m/s
2014	6.68 m/s
2015	6.52 m/s
2016	5.98 m/s
2017	6.49 m/s
2018	6.22 m/s
2019	6.63 m/s
2020	6.71 m/s
2021	6.34 m/s
2022	6.45 m/s
2023	6.46 m/s
2024	6.53 m/s

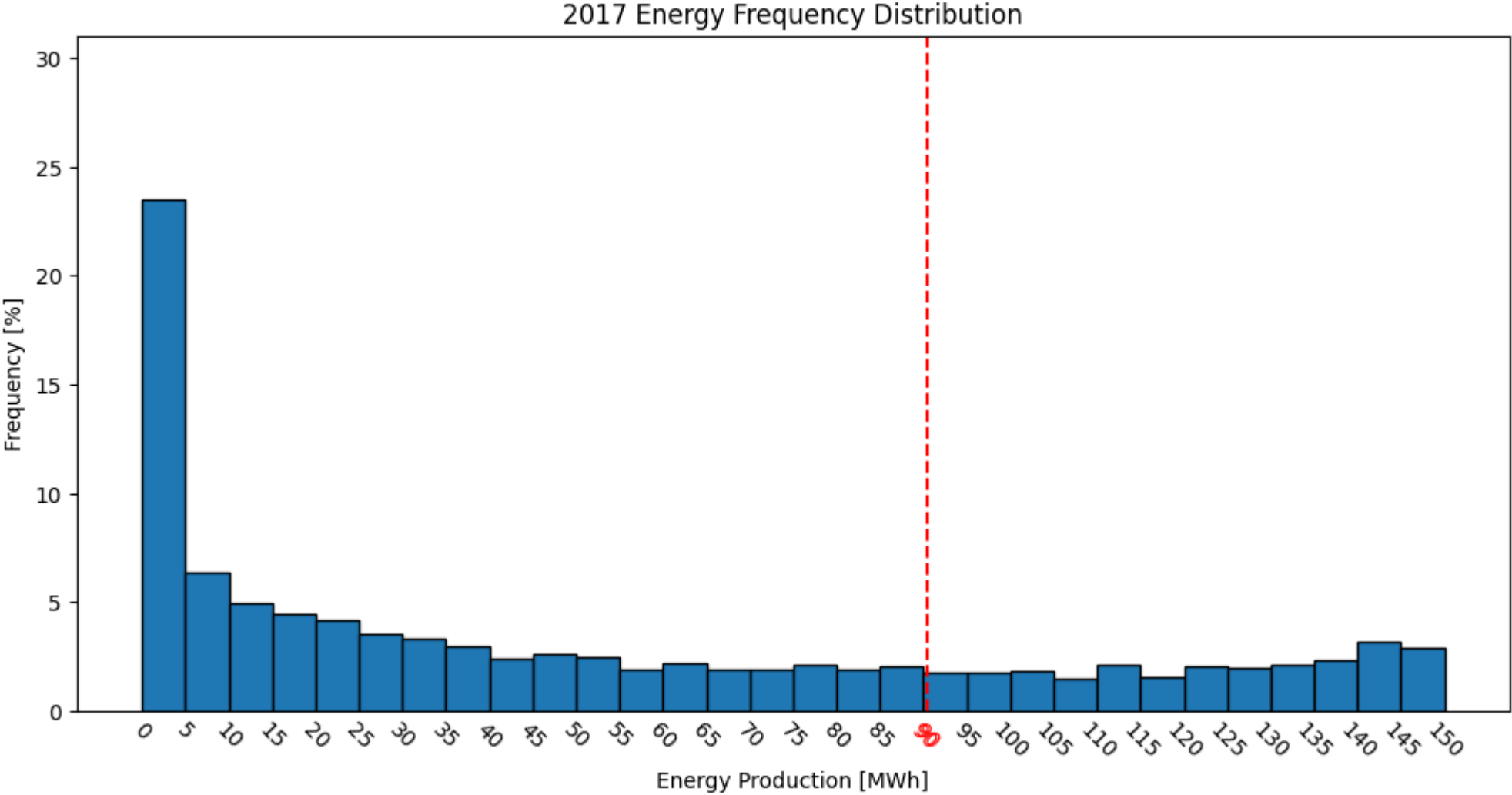


Análisis de Serie Extendida: Histograma de la Producción de Energía Interanual

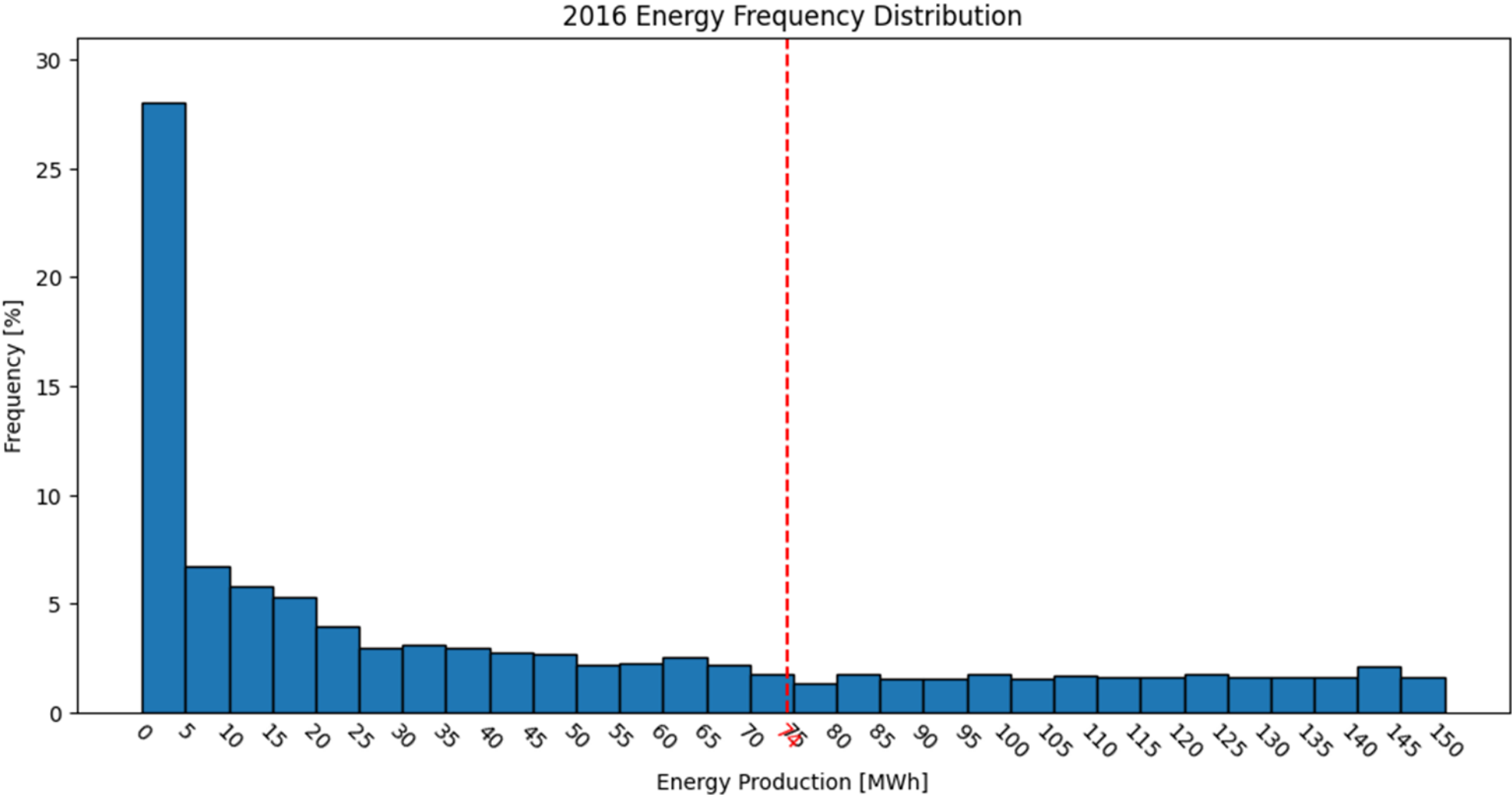
Year	Generation
2002	420 GWh
2003	448 GWh
2004	414 GWh
2005	456 GWh
2006	452 GWh
2007	428 GWh
2008	410 GWh
2009	486 GWh
2010	469 GWh
2011	437 GWh
2012	431 GWh
2013	447 GWh
2014	472 GWh
2015	454 GWh
2016	382 GWh
2017	446 GWh
2018	415 GWh
2019	467 GWh
2020	475 GWh
2021	425 GWh
2022	438 GWh
2023	444 GWh
2024	457 GWh



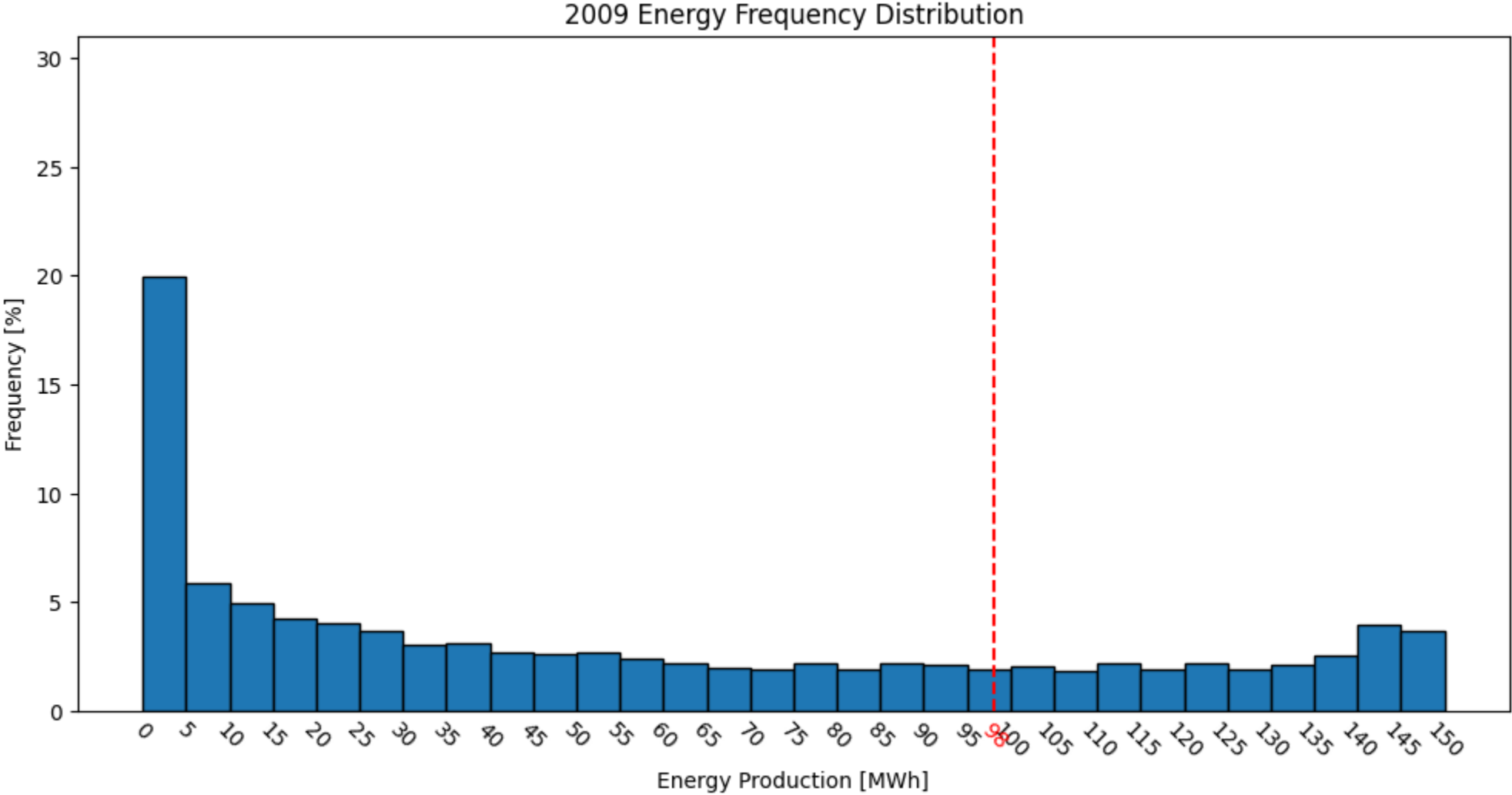
Análisis de Serie Extendida: 2017



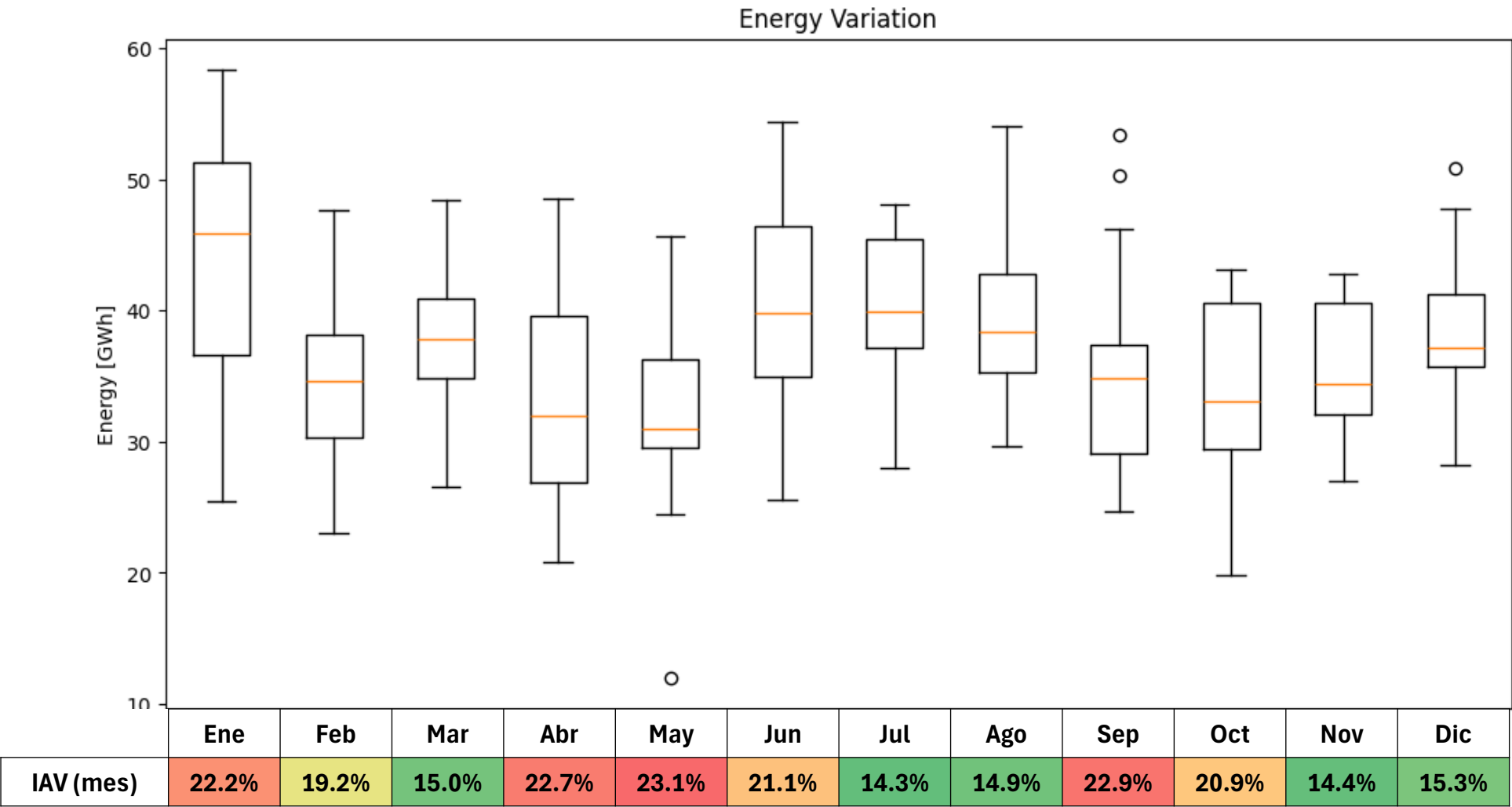
Análisis de Serie Extendida: 2016



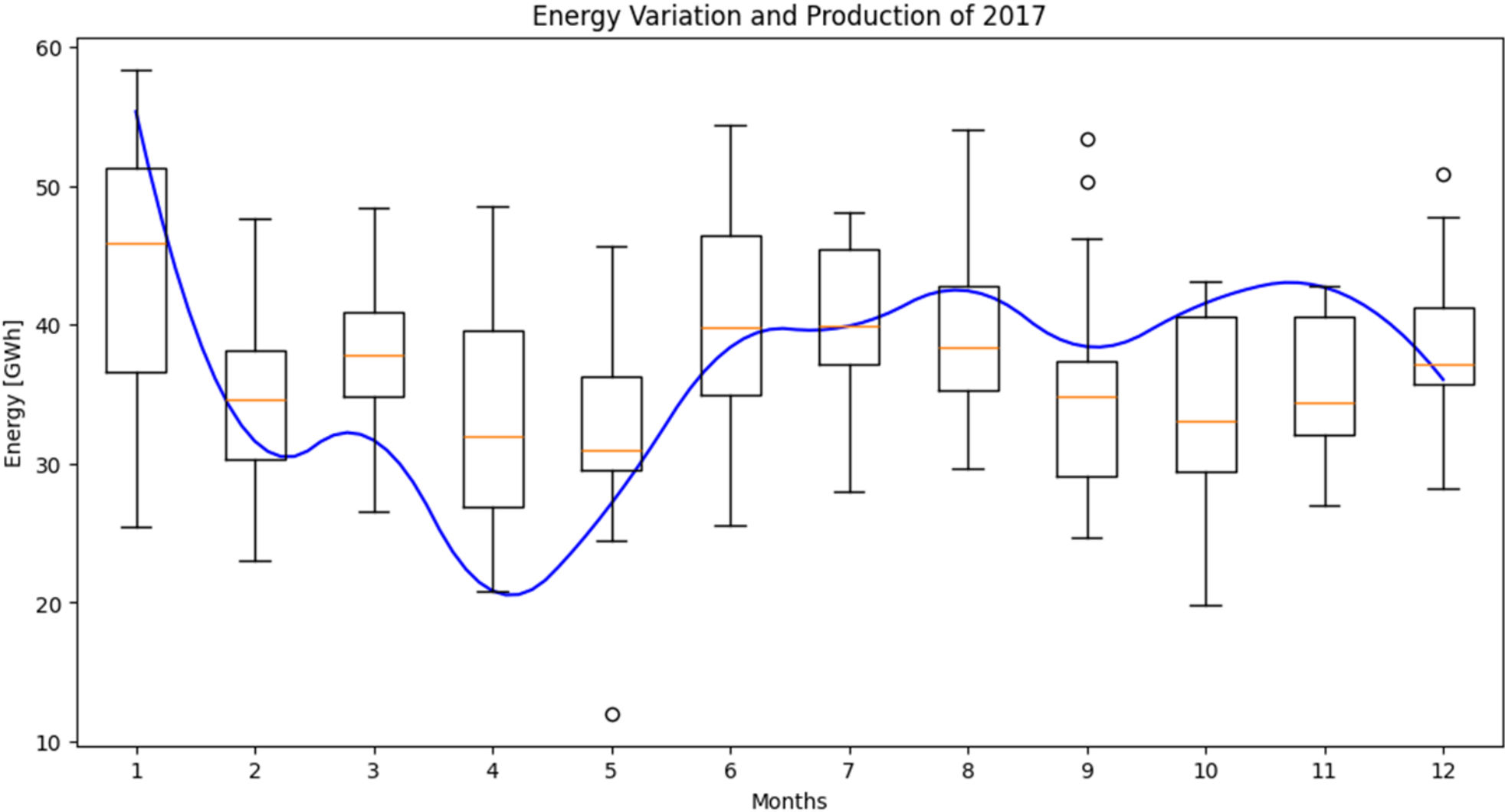
Análisis de Serie Extendida: 2009



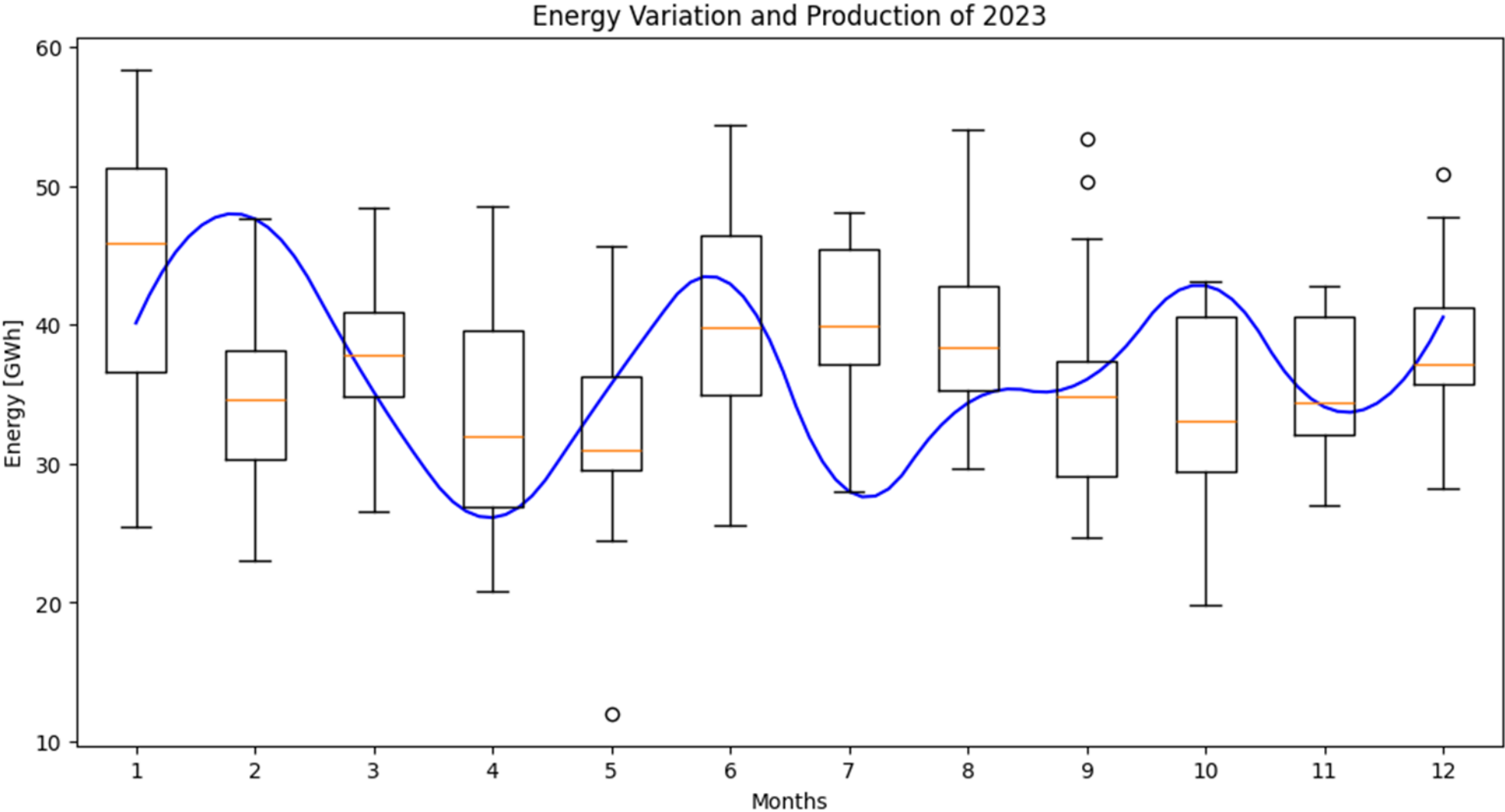
Análisis de Serie Extendida: Variabilidad Interanual de la Producción de Energía



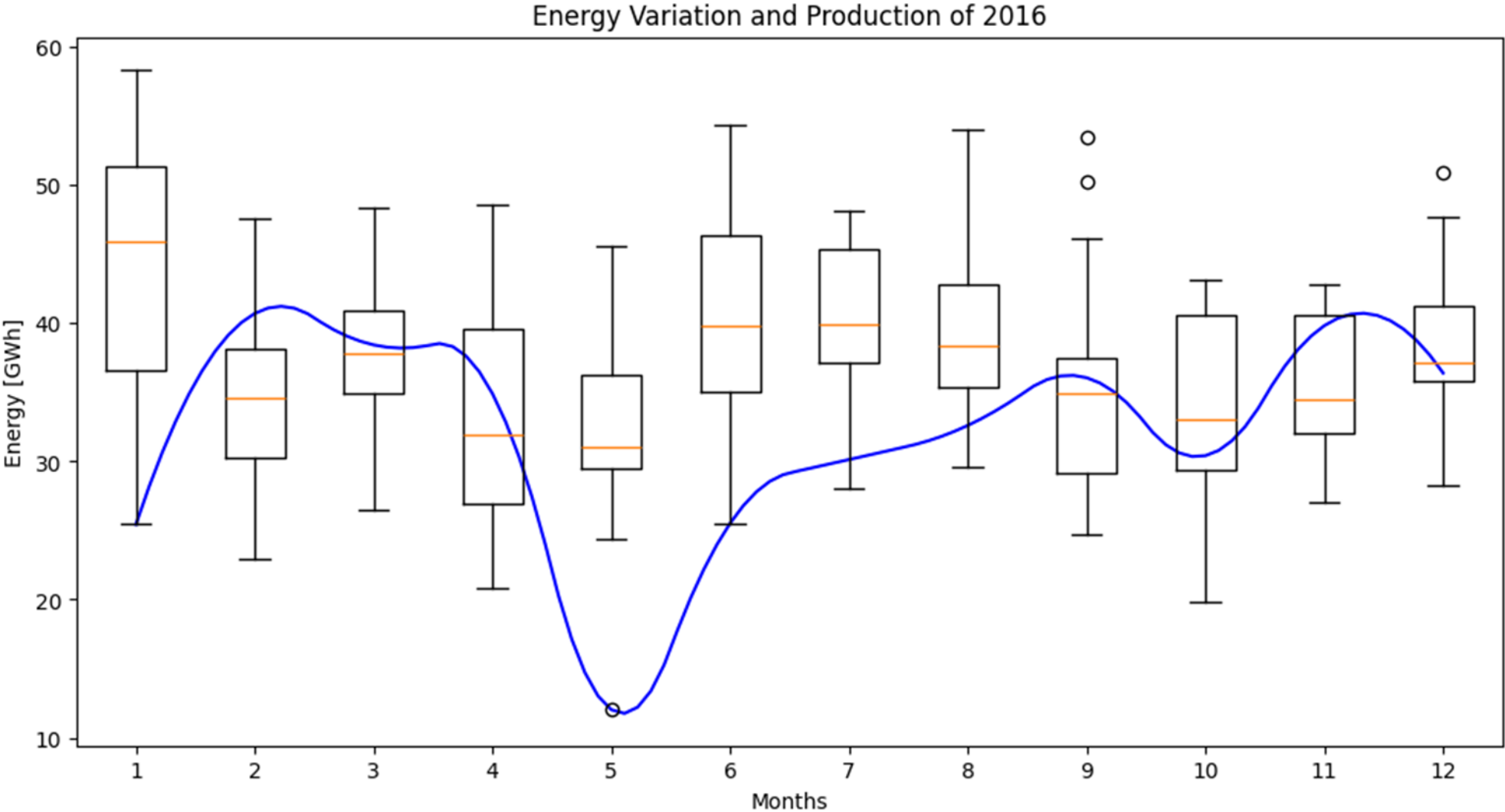
Análisis de Serie Extendida: 2017



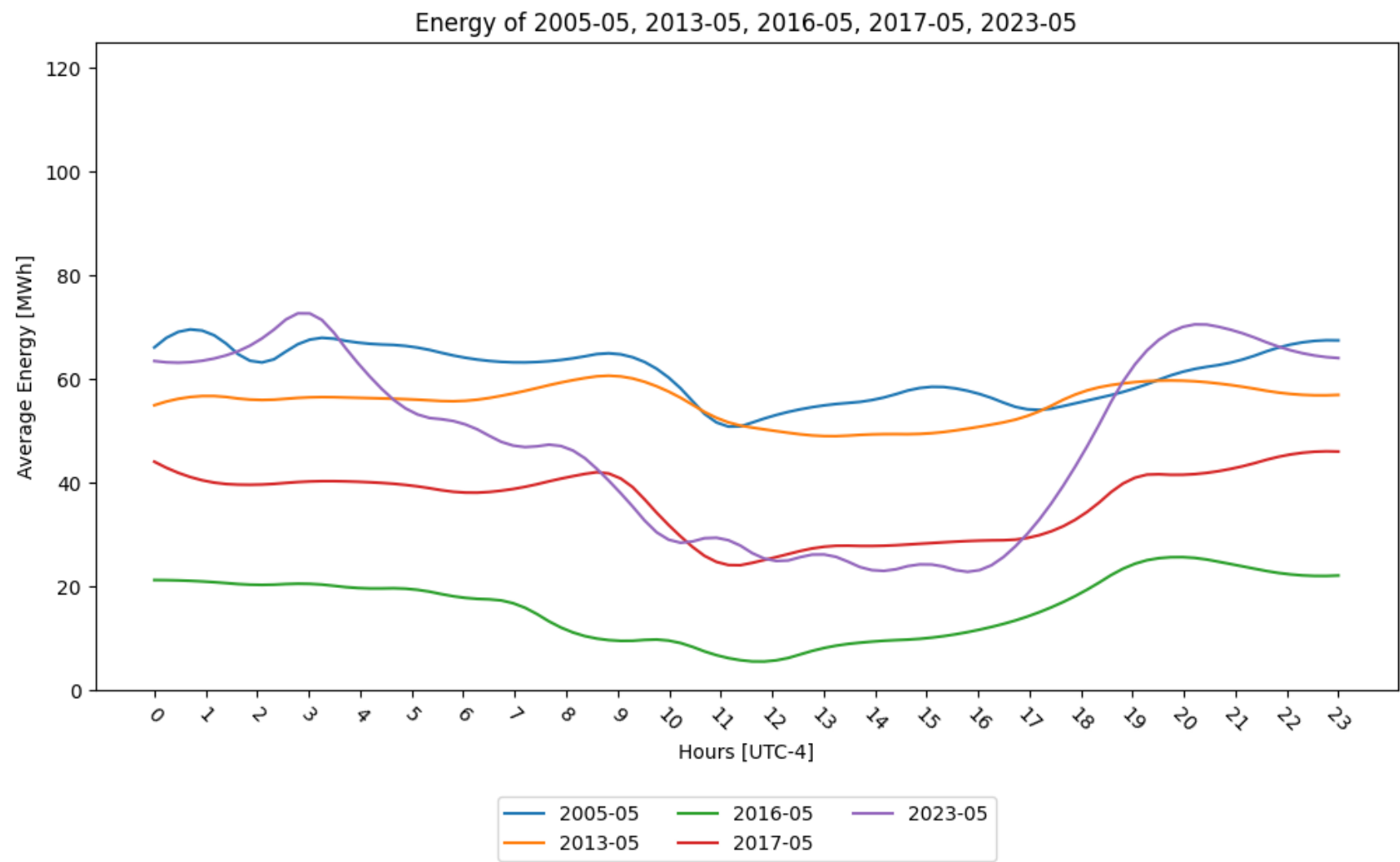
Análisis de Serie Extendida: 2023



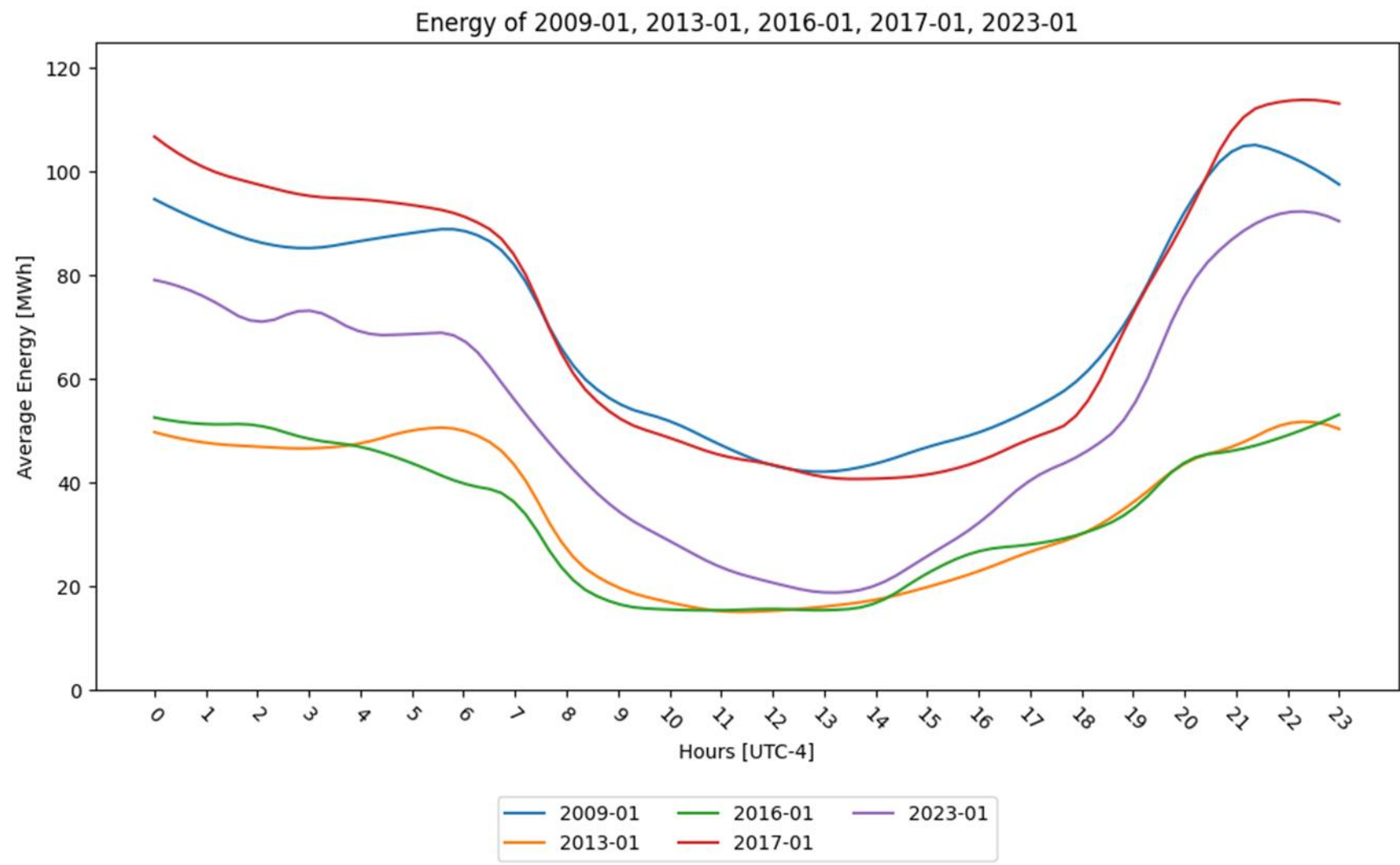
Análisis de Serie Extendida: 2016



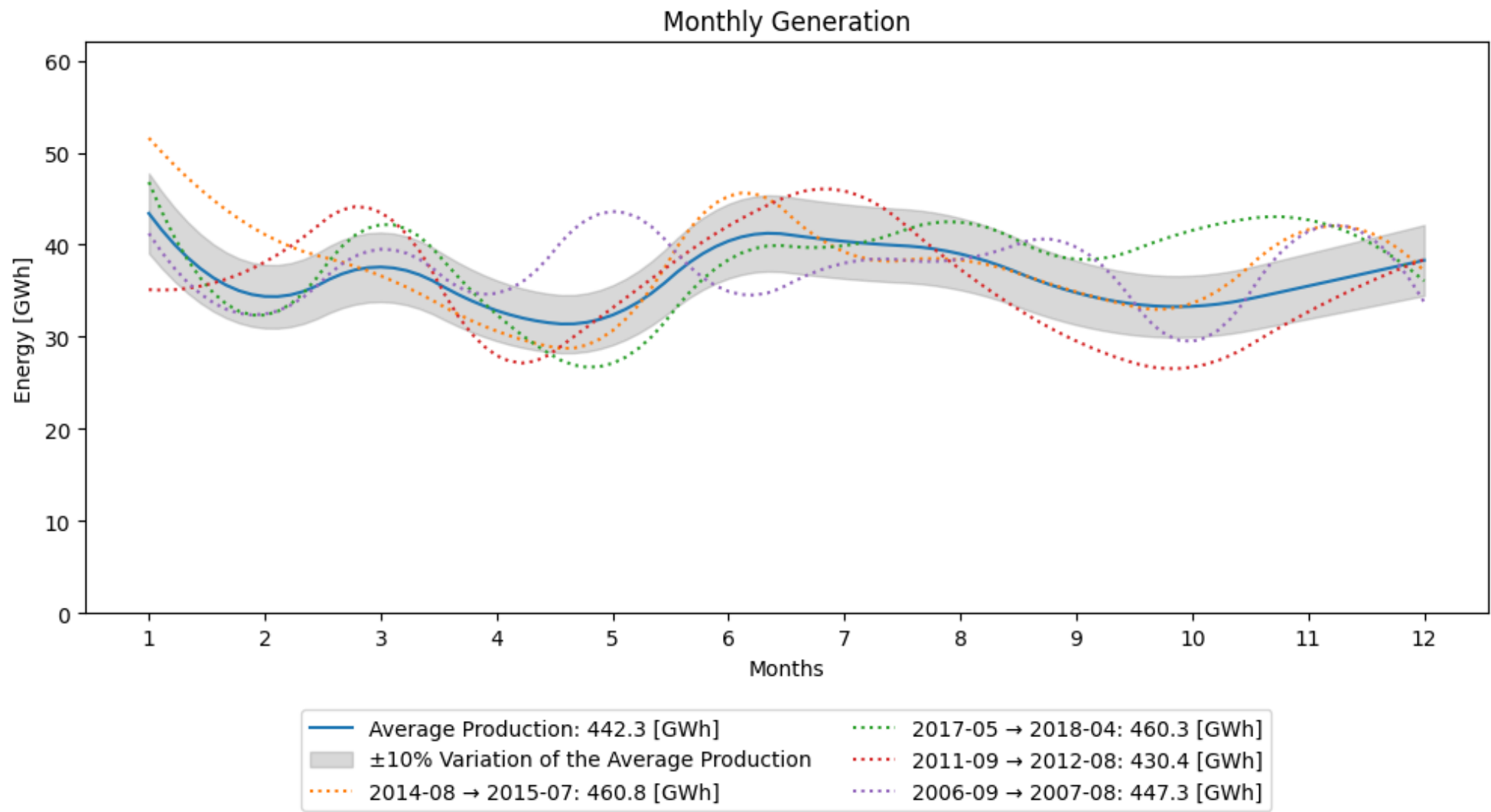
Análisis de Serie Extendida: Mayo



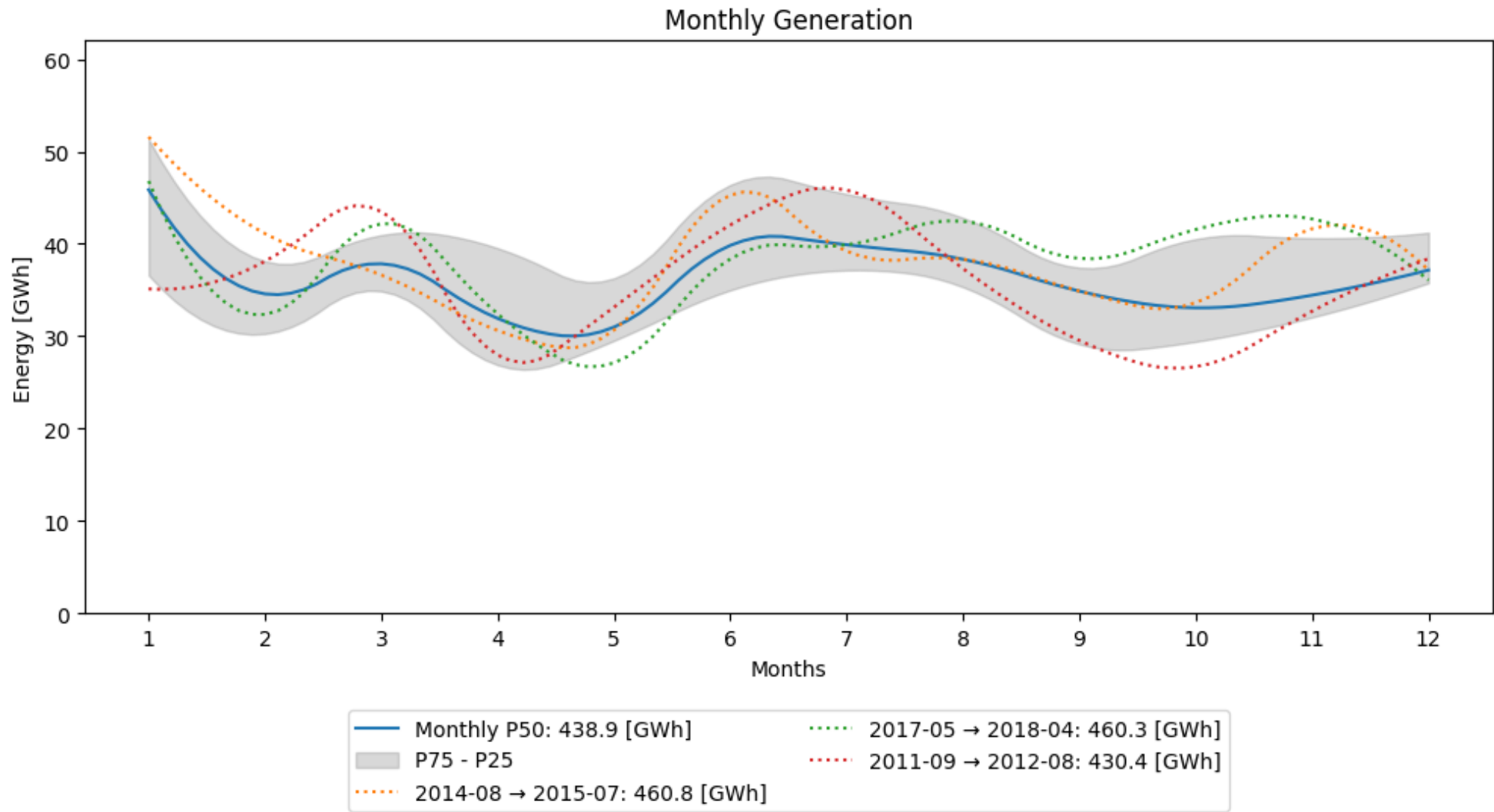
Análisis de Serie Extendida: Enero



Análisis de Serie Extendida: Similitud con “Año Promedio”



Análisis de Serie Extendida: Similitud con “Año formado por meses P50”

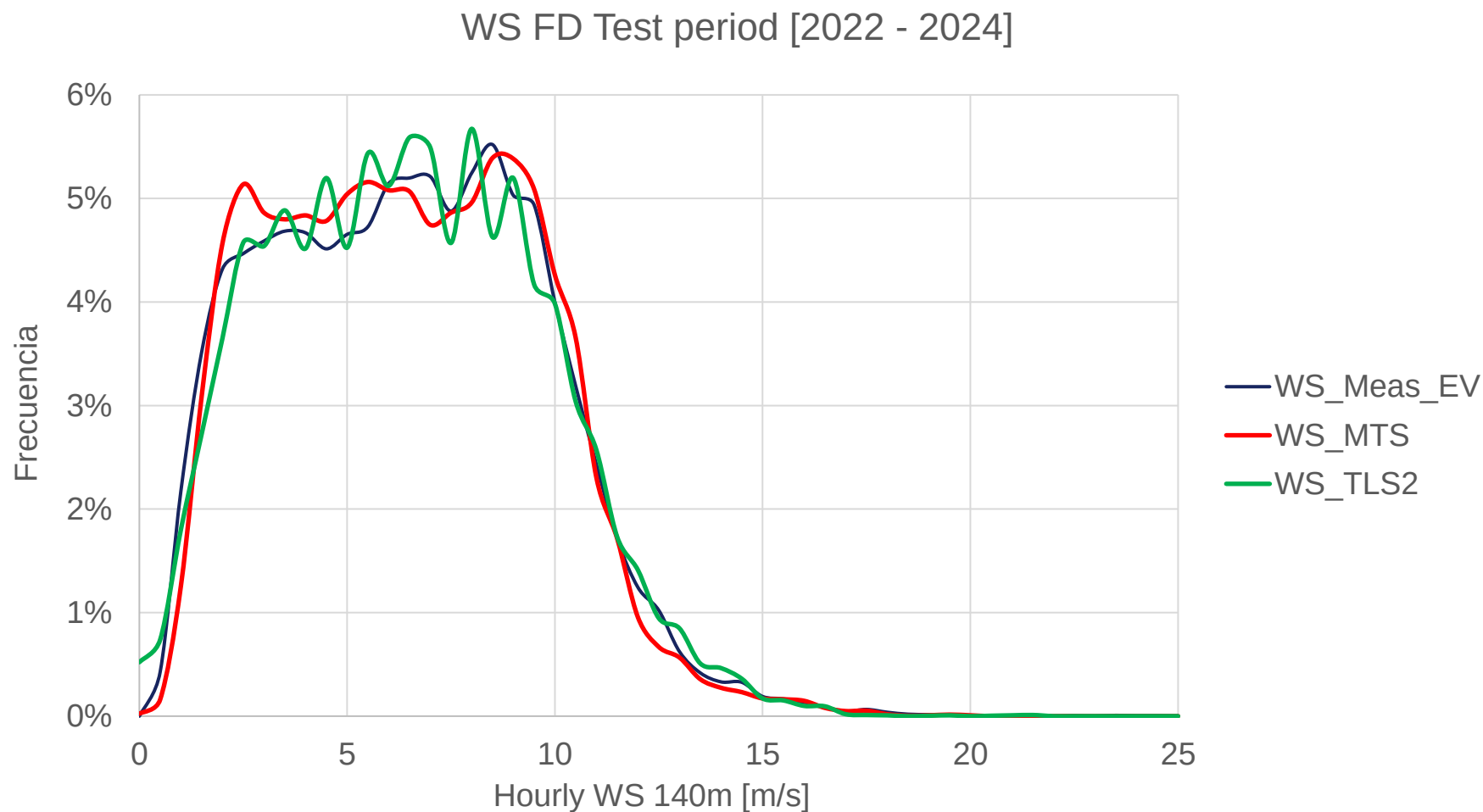


Conclusiones

- No es recomendable uso de matrices 12x24 ni series 8760 para análisis de ingreso/riesgo, por no representar adecuadamente las variabilidades que son propias de la generación eólica
- Recomendar uso de series extendidas
 - Agregar otras perdidas empleando método Monte Carlo
 - Incorporar comportamiento de parques actualmente en operación
- Es necesario implementar otros algoritmos para extensión de series de velocidad/generación
- Vortex SERIES demuestran ser útiles para extensión de series de generación
 - Evaluar opciones de relaciones en timesteps diarios y otras en caso necesario
 - Uso de otros productos Vortex y remodeling
- Es posible validar las relaciones entre Variabilidad Interanual de Velocidad y Generación



BACKUP: Resumen metodología: Test de algoritmos



BACKUP: Site Power Curve

