# **IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La generación de energías renovables, como la solar y la eólica, presenta desafíos significativos debido a su naturaleza variable y dependiente de condiciones meteorológicas cambiantes. Estas características hacen que la predicción precisa de la generación de energía sea crucial para una gestión eficiente y la planificación de la red eléctrica. Sin embargo, los sistemas de pronóstico actuales enfrentan limitaciones en términos de precisión y confiabilidad.

En el contexto actual, el Coordinador de la red eléctrica nacional maneja múltiples fuentes de pronósticos que incluyen estimaciones proporcionadas por las centrales, pronósticos proporcionados por un servicio externo y un sistema experto que intenta combinar estas fuentes para mejorar la precisión. A pesar de estos esfuerzos, la evaluación del desempeño de estos sistemas mediante un modelo básico de regresión lineal ha revelado que existe una variabilidad significativa en la precisión de los pronósticos, especialmente en las centrales eólicas y solares​​.

Esta variabilidad en el desempeño y la necesidad de optimizar los pronósticos con técnicas más avanzadas, como modelos no lineales o algoritmos de aprendizaje automático, sugieren un campo de investigación crucial. El proyecto actual busca abordar estas limitaciones desarrollando un nuevo benchmark utilizando métodos estadísticos avanzados y probando su eficacia a través de métricas como el error absoluto medio (MAE) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE), así como aplicando teorías de predicción condicional para evaluar la capacidad predictiva de los modelos propuestos​​.

La mejora en los métodos de pronóstico no solo optimizará la gestión de la energía generada por fuentes renovables, sino que también contribuirá a la estabilidad y eficiencia económica del mercado eléctrico, aspectos de vital importancia para la sostenibilidad energética y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles.

1. **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

El CEN actualmente desarrolla pronósticos que atienden el cumplimiento del Artículo 64 del Decreto Supremo 125, el cual establece la existencia de un pronóstico centralizado para el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), esto con objeto de asegurar la seguridad del suministro eléctrico y optimizar la operación del SEN.

Para un correcto entendimiento de los conceptos utilizados en este documento, se debe tomar en cuenta las siguientes definiciones:

- Generación Real: Se refiere a la cantidad de energía eléctrica bruta que es efectivamente producida por una central en un momento determinado, la cual corresponde al promedio de la producción en el transcurso de 1 hora en MWh/h. Esta puede variar debido a factores como condiciones meteorológicas, mantenimiento programado, fallas, u otras variables operativas.

- Reducciones: La reducción de energía se debe principalmente cuando existen limitaciones en la capacidad de generación y transmisión de energía.

- Pronóstico: Se refiere a la estimación anticipada de la producción de energía de una central en un período futuro. Principalmente, se basa en modelos y algoritmos que consideran factores como los parámetros técnicos de las centrales, condiciones meteorológicas, el histórico de generación y otros datos relevantes.

- Pronóstico coordinado: Es aquel pronóstico de producción de energía que debe considerar la disponibilidad de generación, incluyendo recurso primario variable con sus limitaciones, desconexiones programadas, mantenimientos de las instalaciones (incluyendo transformadores elevadores), mantenimientos asociados a la transmisión y variables que afecten a las inyecciones de energía. Cabe destacar, que no se deben considerar en el pronóstico los efectos de las reducciones de generación instruidas por el CEN para garantizar una operación segura y a mínimo costo, según la normativa vigente.

- Proveedor externo: Es aquella empresa licitada por el Coordinador, la cual entrega un pronóstico de generación por un sistema sofisticado. El servicio se

realiza para las centrales eólicas y solares del SEN de gran tamaño.

- Pronóstico sistema Experto: Corresponde a un modelo que combina y optimiza los pronósticos de cada central entregados por el proveedor externo y

Coordinados, en conjunto a generación en tiempo real. Luego de la combinación, entrega un nuevo pronóstico para cada central cuya característica principal es

utilizar variadas fuentes de información disponibles.

- Pronóstico centralizado: Se refiere a la predicción con mejor desempeño seleccionado por el Departamento Pronósticos. Este proceso se realiza

periódicamente y escoge entre la información disponible, ya sea pronóstico de coordinado, proveedor externo o sistema experto. El pronóstico seleccionado incluye las limitaciones y mantenimientos programados, procurando la minimización de las desviaciones. Finalmente, es utilizado para las respectivas etapas del proceso de programación de la operación de corto

**Conceptos para modelos**

* Heterogeneidad: La mala especificación de un modelo debido a heterogeneidad no modelada se refiere a situaciones donde el modelo no captura adecuadamente las variaciones entre diferentes grupos o segmentos dentro del conjunto de datos. Esto ocurre cuando existen diferencias sistemáticas en cómo diferentes subgrupos responden dentro del contexto del modelo, pero tales diferencias no son consideradas durante la construcción del modelo. Específicamente, en el contexto de tu proyecto de tesis que involucra pronósticos de generación de energía renovable, la heterogeneidad no modelada podría surgir si, por ejemplo, diferentes centrales de energía, aunque del mismo tipo (solar o eólica), tienen comportamientos distintos que no son capturados por el modelo debido a factores como ubicación geográfica, tecnología utilizada, o condiciones operativas locales. Si estas diferencias no se incorporan en el modelo, podría llevar a sesgos y errores en los pronósticos generados.
* Modelo anidado: En estadística y econometría, un modelo de pronóstico "anidado" se refiere a una situación en la cual un modelo es una versión especial o restringida de otro modelo más amplio o general. Esto significa que el modelo anidado puede obtenerse del modelo más general imponiendo ciertas restricciones a los parámetros del modelo. Por ejemplo, considera dos modelos de pronóstico para la generación de energía:

(1)

(2)

La ecuación 1 representa un ***modelo general*** y la ecuación 2 un ***modelo anidado.***

Aquí, el modelo anidado es un caso especial del modelo general donde *β*2 y *β*3 son iguales a 0. El modelo anidado está "anidado" dentro del modelo general porque todos los términos del modelo anidado también aparecen en el modelo general, y los términos adicionales del modelo general tienen coeficientes asignados a cero para llegar al modelo anidado.

Los modelos anidados son importantes porque permiten realizar comparaciones de modelos, lo que ayuda a determinar que variables mejoran significativamente el ajuste del modelo. Además, permite hacer un balanceo entre simplicidad y complejidad del modelo, un modelo más simple puede ser preferible si las mejoras en el ajuste del modelo más complejo son insignificantes.

**Funciones de error**

* RMSE (Root Mean Squared Error): El RMSE es la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los errores. Matemáticamente, se expresa como:

(3)

* MAE (Mean Absolute Error): El MAE es el promedio de los valores absolutos de los errores. Matemáticamente, se define como:

(4)