



Metodología Para Estimación De Demanda Eléctrica A Corto Plazo De Una Subestación Utilizando Redes Neuronales Artificiales

Jesús María Verdún Suárez – Facultad Politécnica U.N.A.

Gerardo Javier Parra Benítez – Facultad Politécnica U.N.A.

Vanderley Espínola Oliveira - Itaipu Binacional

Rolando Augusto Rodríguez Agüero – ANDE

Paraguay

RESUMEN

La demanda de electricidad ha aumentado continuamente a lo largo de las últimas décadas, tanto en los hogares, como en la industria, teniendo como consecuencia una mayor demanda de energía eléctrica y exigiendo una mayor producción de la misma. Frente a este panorama, es necesario realizar un pronóstico de demanda eléctrica de la manera más acertada, a modo de determinar los futuros estudios de planificación y acciones a tomar. Este trabajo busca establecer una metodología científica-tecnológica del uso de Redes Neuronales Artificiales (RNA) en la estimación horaria de carga eléctrica a corto plazo para una Subestación, que ayude a la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) en la proyección de demanda de energía eléctrica. El caso modelo de estudio fue la Subestación SAN MIGUEL-ANDE, perteneciente al sistema eléctrico Metropolitano; así también, se efectuó la validación de la metodología con la Subestación ALTO PARANA-ANDE, perteneciente al sistema eléctrico Este. La metodología planteada posee 4 etapas de desarrollo: Elección de la red neuronal; Carga y preparación de los datos históricos; Entrenamiento, y por ultimo; Validación de resultados. Para ello, se desarrolló minuciosamente cada etapa, explicando las consideraciones que fueron tenidas en cuenta y los pasos seguidos con gráficos y tablas de análisis, obteniendo resultados muy aceptables, avalando la factibilidad técnica de la metodología. A modo de recomendación para futuros trabajos se plantea: aplicar la metodología para las diferentes subestaciones de la ANDE, y para el Sistema Interconectado Nacional; analizar la posibilidad de integrar la metodología planteada con otros métodos de inteligencias; y aplicar las redes neuronales artificiales para el diagnóstico de equipos eléctricos.

PALABRAS CLAVES

1. Metodología 2. Redes Eléctricas 3. Cargas Eléctricas 4. Energía Eléctrica



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

1. Introducción

La demanda de electricidad ha aumentado continuamente a lo largo de las últimas décadas, tanto en los hogares como en la industria. Dicho incremento obedece a una mayor utilización de electrodomésticos y dispositivos electrónicos, como consecuencia; se tiene una mayor demanda de energía eléctrica y por consiguiente, una exigencia mayor en su producción.

Frente a este panorama, es necesario pronosticar la demanda de energía eléctrica de la manera más acertada; a los efectos de determinar el futuro consumo para planificar el despacho y la distribución de carga necesaria.

Con este trabajo pretendemos crear una metodología para la estimación de carga eléctrica a corto plazo en las subestaciones del país, a través de Redes Neuronales Artificiales. En el eventual caso de que las predicciones arrojen constantes valores superiores a la capacidad de la subestación, esta metodología, permitirá sustentar la factibilidad de la construcción de nuevas subestaciones, a fin de cumplir con la demanda.

Por último es importante mencionar, que uno de los propósitos principales del proyecto es dotar a la Administración Nacional de Electricidad, una herramienta que le ayude en el manejo de sus planes, bien estructurados, del sistema de distribución de energía eléctrica; a fin de suministrar un servicio con el menor número de interrupciones, al menor costo operativo posible, y con la mejor calidad.

2. Descripción del Trabajo

Este trabajo tiene como objetivo general: Establecer una metodología del uso de Redes Neuronales Artificiales en la estimación horaria de demanda eléctrica a corto plazo para una Subestación. Buscando dotar a la Administración Nacional de Electricidad de una herramienta alternativa para la estimación de demanda eléctrica ayudando en sus planificaciones de trabajos y mantenimiento de equipos.

Para la estimación se utilizó una Red Neuronal Artificial que, en forma inteligente, determino mediante datos históricos, futuras previsiones de carga. Se analizaron las distintas topologías y configuraciones de redes, encontrando la de mejor respuesta que satisface los parámetros exigidos.

La localización física y cobertura espacial del proyecto fue la ciudad de Asunción, seleccionando la Subestación San Miguel, propiedad de la ANDE incorporada al sistema eléctrico metropolitano, como caso modelo de estudio. De igual forma el proyecto selecciono la Subestación Alto Paraná, ubicada en Ciudad del Este, perteneciente a la ANDE y al sistema eléctrico este, como caso de validación del proyecto.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

El proyecto se llevó a cabo por cuatro profesionales del ramo de la Ingeniería Eléctrica. Se tomó como referencias materiales los siguientes: Referencias bibliográficas escritas y en línea (internet); Datos proveídos por ANDE; Equipos informáticos, conectados a la línea de internet; Software computacional (modo de prueba).

3. Arquitectura de Diseño

3.1 Situación Actual y Casos de Estudios

Actualmente la ANDE realiza análisis de previsión de crecimiento y de demanda a corto y largo plazo a nivel del SIN, utilizando diferentes métodos (estudios estadísticos, de regresión lineal, etc.). No a así, las estimaciones de demanda a corto plazo a nivel de Subestaciones; salvo estudios de planificación a largo plazo para realizar futuras acciones.

Los casos de estudio fueron:

-la SUBESTACION SAN MIGUEL (SE-SMI), compuesta de 3 unidades de transformación de 30 MVA c/u, barras de 66 y 23 KV; y circuitos alimentadores correspondientes. (Tabla 1).

SE-SMI															
TRANSFORMADORES				BARRAS 23 KV			ALIMENTADORES 23 KV								
TR-1 /23 KV	TR-2 /23 KV	TR-3 /23 KV	TR 1+2+3	A	B	C	SMI-1	SMI-2	SMI-3	SMI-4	SMI-5	SMI-6	SMI-7	SMI-9	SMI-10

Tabla 1: Características Subestación SMI.

-la SUBESTACION ALTO PARANÁ (SE-APR), compuesta de 5 unidades de transformación, tres de 20 MVA c/u y dos de 30 MVA c/u; barras de 66 y 23 KV; y circuitos alimentadores correspondientes. (Tabla 2).

SE-ALTO PARANÁ																								
TRANSFORMADORES					BARRAS			ALIMENTADORES																
TR-01 /23 KV	TR-02 /23 KV	TR-03 /23 KV	TR-04 /23 KV	TR-05 /23 KV	66 PFO	66 ACT	23-A	23-B	23-C	23-T	APR-1	APR-2	APR-3	APR-4	APR-5	APR-6	APR-7	APR-8	APR-9	APR-10	APR-11	APR-12	APR-13	APR-14

Tabla 2: Características Subestación APR.

Los datos históricos de demanda por subestación fueron obtenidos mediante registros diarios del Centro de Operación Regional Metropolitano (COR-M) y Este (COR-E), respectivamente para ambos casos de estudio.

3.2 Metodología del Proceso de Estimación de Demanda Con RNA [1]

3.2.1 Elección de la red neuronal

Se seleccionó la Red Perceptron Multicapa “Feedforward Backpropagation”, ya que es la red que presenta mayor capacidad para realizar la tarea planteada, destacándose entre sus ventajas que no requiere un conocimiento matemático de las funciones que vinculan los patrones de entradas y los patrones de salida. [2]

3.2.2 Preparación y procesamiento de los datos

Los datos de entrada (Inputs) y los datos de salidas (Objetivos/Targets) horarias, correspondientes al registro histórico del COR-M y COR-E respectivamente [3], deberán ser preparados y procesados para poder realizar el entrenamiento adecuado de la red neuronal.

Para considerar las variables de entrada, los elaboradores de este proyecto consultaron diversos trabajos de investigaciones, como así también, propusieron otras gracias a su conocimiento y experiencia. Posteriormente mediante el análisis de prueba de ensayo y error se establecerán cuáles serán las variables más determinantes para lograr una mayor eficiencia del modelo.

Las variables propuestas como entradas (Inputs) son: Progresión Lineal, Horas del día (t), Ondas Senoidales, Ondas Cosenoidales, Días de la Semana, Clasificación del día, Meses del año, Histórico de Carga Eléctrica, Temperatura relativa, Temperatura adicional ($temp > 25^{\circ}C$), Velocidad del viento [4]. Y teniendo como variable de salida (Target), la Carga Eléctrica actual.

La herramienta utilizada para la carga de datos el Microsoft Office Excel, a través de sus hojas de cálculo, por su sencillez y facilidad en el manejo.

Una vez cargadas las series de datos, de las variables de entradas y salidas, se realizó los siguientes pasos de: filtrado, codificación y normalización para un correcto entrenamiento.

3.2.3 Entrenamiento de la red neuronal

El programa informático (software) utilizado en este trabajo para el entrenamiento de las redes neuronales artificiales, es el Mathworks MATLAB 2014^a [5], a través de su herramienta Neural Network/Data Manager (nntool). [6]

La Subestación elegida para realizar el entrenamiento es la de SAN MIGUEL (SMI).

Los datos históricos corresponden al periodo de tiempo entre los días 05/02/2014 y el 15/03/2015, en forma horaria, totalizando un total de 9.696 series de datos.

Se siguieron los siguientes procesos de entrenamiento de la red: Selección de las variables de entradas y Selección del número de capas, neuronas y función de transferencia por capas; buscando la mayor eficiencia de la misma mediante las distintas opciones de configuraciones; seleccionando la más adecuada. [7]

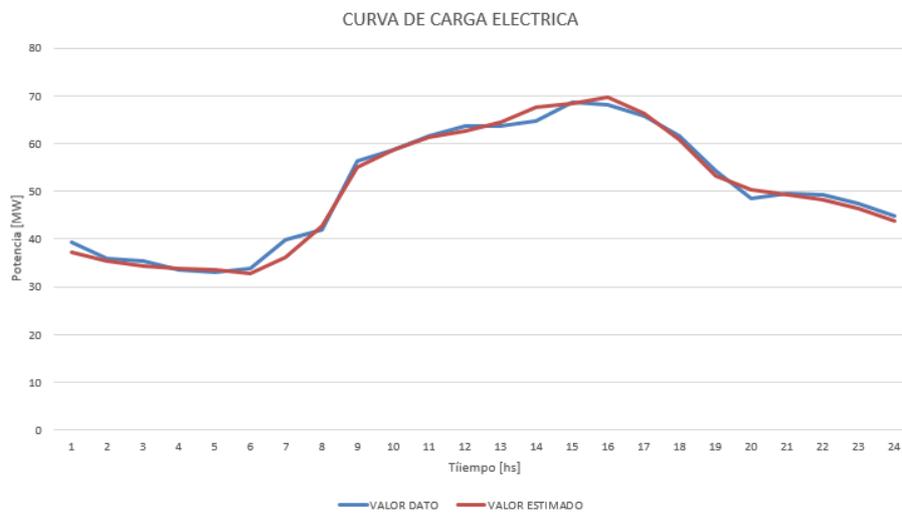
XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

3.2.4 Validación de la red neuronal y Análisis de resultados

Para la validación del aprendizaje de la red neuronal se procedió a probar el modelo con datos de entrada (Inputs) y salida (Objetivos) que serán desconocidos por la red, realizando la estimación de datos para un día (16/03/2015) con un total de 24 series de datos, y para una semana (desde los días 16/03/2015 al 22/03/2015), con 168 series de datos.

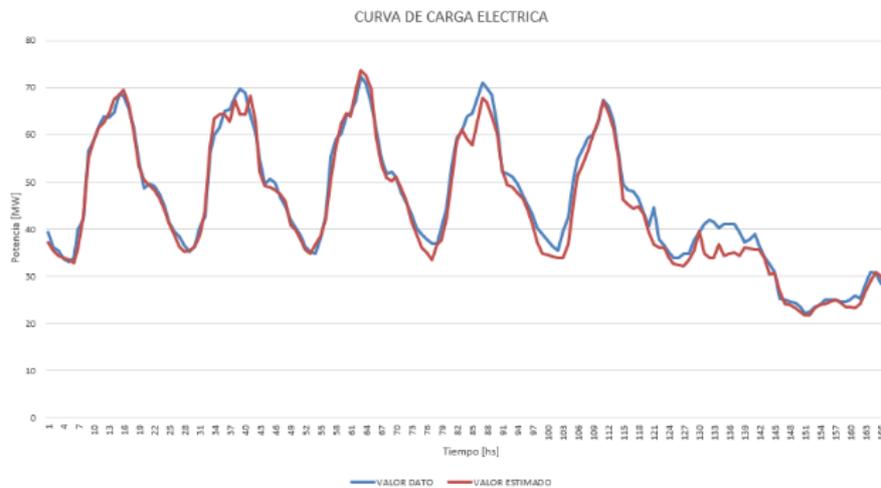
Los resultados de estimación fueron los siguientes:

- Para la estimación de un día se obtuvo un resultado de MAPE de 2,26 %.



**Figura 1: Resultado de estimación para un día (16/03/2015).
Subestación SMI.**

- Para la estimación de una semana se obtuvo un resultado de MAPE de 4,25 %.



**Figura 2: Resultado de estimación para una semana (16/03/2015-22/03/2015).
Subestación SMI.**



**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016**

Para el caso de la Subestación ALTO PARANA – ANDE, los resultados de estimación según el MAPE obtenido son: de 3,87 % para un día y 6,71 % para una semana.

4. Conclusiones

Se propuso dotar a la ANDE de una metodología con base científica y tecnológica para la estimación de demanda eléctrica a corto plazo a nivel de Subestaciones y también para respaldar el método estadístico utilizado actualmente a nivel del SIN.

Para los casos de estudio, se obtuvo un margen de error de estimación:

- para un día entre el 2 y 4%; y
- para una semana entre el 4 y 7%; siempre dependiendo de la calidad de los datos.

Se analizó los múltiples beneficios a obtener y la poca inversión requerida, haciendo que la implementación de este proyecto sea de gran utilidad para la ANDE en la estimación de demanda eléctrica para sus planificaciones correspondientes.

5. Bibliografía

[1] ROGNEY JOSE SIFONTES RODRIGUEZ. Estimación de Demanda a Mediano Plazo de la Subestación Lagunita utilizando Redes Neuronales. Informe de Pasantía (Ingeniería Eléctrica). Universidad Simón Bolívar. 2010.

[2] XAVIER ASOGAIN OLABE. Curso Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones. 2008.

[3] Registro diario COR-M y COR-E. Datos proveídos por la ANDE.

[4] <http://www.wunderground.com/history/>

[5] MATLAB R2014a. (User Guide). Modo de prueba. 2014.

[6] JAVIER GARCIA DE JALON; JOSE IGNACIO RODRIGUEZ; JEUS VIDAL. Aprenda Matlab 7.0 como si estuviera en primero. 2005.

[7] RAMON BENITEZ; DANIEL CATTANI; IVO BENITEZ; ANASTACIO ARCE. Aplicación de Redes Neuronales Artificiales en la Previsión del Suministro Energético de la Central Hidroeléctrica de Itaipú al Sistema Eléctrico Paraguayo. 2008.