



Recepción: 13 / 02 / 2018

Aceptación: 09 / 04 / 2018

Publicación: 05 / 06 / 2018

Ciencias técnicas y aplicadas



Artículo Científico

## Uso del método ARVIDSON en un parque de transformadores

*Use of the method ARVIDSON in a park of transformers*

*Uso do método ARVIDSON em um parque transformador*

Harry R. Arias-Realpe <sup>I</sup>

[hrariasr@gmail.com](mailto:hrariasr@gmail.com)

Lenin R. Merino-Villegas <sup>II</sup>

[lenin.merino.rv@gmail.com](mailto:lenin.merino.rv@gmail.com)

Katiuska E. Espinoza-Pérez <sup>III</sup>

[keespinozap1@gmail.com](mailto:keespinozap1@gmail.com)

Correspondencia: [hrariasr@gmail.com](mailto:hrariasr@gmail.com)

<sup>I</sup> Ingeniero en Mecatrónica, Ingeniero de Ejecución en Sonido, Instituto Tecnológico Superior Central Técnico, Quito, Ecuador.

<sup>II</sup> Ingeniero en Electrónica y Control, Instituto Tecnológico Superior Central Técnico, Quito, Ecuador.

<sup>III</sup> Ingeniera en Electrónica y Control, Instituto Tecnológico Superior Central Técnico, Quito, Ecuador.

## Resumen

El presente estudio trata de la optimización de potencia en un parque de transformadores a través del uso del método de ARVIDSON, que permite analizar el comportamiento de la demanda en la energía eléctrica residencial. La metodología siguió un enfoque de tipo descriptivo y de campo. Los datos del estudio, se obtuvieron considerando los sistemas eléctricos existentes y los sistemas nuevos, tomando en cuenta las variables tiempo y cantidad de usuarios para el cálculo de la demanda máxima coincidente. La población la constituyeron los transformadores que se usan en la urbanización Alta Monte, ubicada en la vía TACHINA - TIGRE, parroquia Tachina, cantón y provincia de Esmeraldas. Entre sus resultados, se pudo constatar que la demanda máxima coincidente la tuvo la iluminación y todas las misceláneas a las 20:00 horas, para dicho cálculo se consideraron la cantidad de usuarios, en la que se pudo concluir que se logró optimizar, haciendo el respectivo estudio de la curva de carga diaria de la zona y multiplicando la demanda calculada en cada hora del día, de la Urbanización Alta Monte que es de 412.5 KVA con el método tradicional.

**Palabras clave:** optimización; transformadores; método ARVIDSON; demanda.

## Abstract

This study is a park of transformers power optimization with the method of ARVIDSON, allowing analyzing the behavior of residential electricity demand. The methodology followed a descriptive and field approach. Data from the study were considering existing electrical systems and new systems, taking into account the variables time and number of users for the calculation of the maximum matching demand. The population constituted it transformers which are used in the high mountain estate, located on the via TACHINA - Tiger, parish Tachina, Esmeraldas province and canton. Among its results, it was found coincident peak demand it had lighting and all the sundries at 20:00 hours, were considered for this calculation the number of users, in which its could conclude that you achieved optimizing, making the respective study of the area daily load curve and multiplying the demand estimated at every hour of the day, of the high mountain estate which is 412.5 kVA with the traditional method.

**Keywords:** optimization; transformers; method ARVIDSON; demand.

## Resumo

O presente estudo trata da otimização da potência em um parque transformador através do uso do método ARVIDSON, que permite analisar o comportamento da demanda em energia elétrica residencial. A metodologia seguiu uma abordagem descritiva e de campo. Os dados do estudo foram obtidos considerando os sistemas elétricos existentes e os novos sistemas, levando em consideração as variáveis tempo e número de usuários para o cálculo da demanda máxima coincidente. A população foi constituída pelos transformadores que são utilizados na urbanização Alta Monte, localizada na estrada TACHINA - TIGRE, freguesia de Tachina, cantão e província de Esmeraldas. Entre os resultados, verificou-se que as coincide demanda de pico tivesse iluminação e todas as miudezas às 20:00, para este cálculo, o número de usuários, em que seu concluiu-se que foi otimizado foram consideradas, tornando o respectivo estudo da curva de carga diária da área e multiplicando a demanda calculada em cada hora do dia, da urbanização Alta Monte que é de 412,5 KVA com o método tradicional.

**Palavras chave:** otimização; transformadores; método ARVIDSON; demanda.

## Introducción

Para estimar analíticamente las cargas de los transformadores de distribución en áreas residenciales a partir de las demandas diversificadas, el cual tiene en cuenta la diversidad entre cargas similares y la no coincidencia de los picos de diferentes tipos de cargas, se muestra como uno de los métodos el presentado por Arvindson, el cual permite analizar el comportamiento de la demanda de la energía eléctrica residencial. Dicho método, permite estimar analíticamente las cargas de los transformadores de distribución en áreas residenciales, el cual tiene en cuenta la diversidad entre cargas similares y la no coincidencia de los picos de diferentes tipos de cargas. Para tener en cuenta la no coincidencia de los picos de los diferentes tipos de carga, se introduce el factor de variación horaria, definido según Torres (2006) como la variación entre la demanda de un tipo particular de carga coincidente, con la demanda máxima de un grupo y la demanda máxima de este tipo en particular de carga. La demanda máxima a partir de este método, se hace al multiplicar el número total de electrodomésticos y de consumidores por el valor de saturación en p.u.

Es de señalar, que los usuarios residenciales están en constante crecimiento, por lo que es necesario un correcto dimensionamiento del sistema de distribución en el que están o estarán conectados, con la finalidad de proveerles una energía continua y de la mayor calidad posible. Para ello algunas de las empresas distribuidoras de energía eléctrica del país, han construido curvas de demanda máxima diaria (CONELEC, s/a), que modelan el comportamiento de los usuarios del sistema eléctrico de distribución de su respectiva área de concesión, sin embargo, existe todavía incertidumbre al momento de dimensionar redes para media y baja tensión ya que las empresas eléctricas de algunas ciudades no cuentan con un estudio en el que se pueda basar el diseñador para dimensionar correctamente las redes de distribución y así evitar el sobre dimensionamiento de la red o el sub direccionamiento de la misma.

Para una apropiada estimación de potencia, plantea Castaño (2006), no hay que basar los criterios o en estudios realizados fuera del área concesión de la empresa eléctrica donde se ejecutara el proyecto, en apreciaciones subjetivas y en argumentos con demasiada incertidumbre, por tal razón es necesario conocer la naturaleza de las cargas que van a estar conectadas al alimentador y el comportamiento de los usuarios que se van a servir de los diferentes equipos eléctricos que estarán conectados a los transformadores de distribución. Por otro lado, las costumbres de los usuarios de equipos eléctricos, no pueden ser generalizadas en el país, ya que ella depende de diversos factores, cuyas cualidades cuantitativas y cualitativas, están directamente relacionados con su ubicación geográfica y el nivel socio-económico. Por esto es necesario implementar un método de estimación de la demanda de potencia que utilice la ubicación geográfica de los usuarios y el nivel socio económico para generar curvas de demanda que modele el comportamiento de los usuarios de la red.

En el país, existen varios métodos que son utilizados para determinar la demanda de potencia a nivel macro y microeconómico, algunos de ellos están basados en la curva de demanda máxima coincidente de la empresa eléctrica Quito y otros en apreciaciones de cada diseñador, la EEQ (2017), posee tablas que son resultado de un estudio realizado en el área de concesión de dicha empresa, la cual no tiene total correspondencia con las costumbres en el uso de equipos eléctricos de los usuarios de otra área del país. Por tal motivo, la curva de carga diaria de los equipos eléctricos de una vivienda ubicada en la ciudad de Esmeraldas, no tienen correspondencia con la curva de carga de los equipos de una vivienda que está ubicada en la ciudad de Quito; por

motivos de la altitud y temperatura ambiente promedio, las cuales modifican las costumbres de los consumidores de energía eléctrica, que se encuentran en dichas ciudades en sus diferentes estratos de consumo.

Para no sobre dimensionar la red de distribución y también no sub dimensionarla, se ha implementado el método Arvidson optimizado para el cálculo de la demanda de los transformadores de distribución, el cual da un mayor control de las pérdidas de potencia, y ayuda a crear factores de coincidencia y diversidad basándose en el estudio de carga, propio de cada proyecto de distribución de energía, lo cual economiza la inversión inicial y posterior de la red eléctrica a través de la optimización de la potencia de los transformadores de distribución que se usen en cada proyecto. A tal efecto, se presenta en este artículo la optimización del cálculo de la demanda de los transformadores de distribución en un parque de transformadores a través del uso de este método.

## **Metodología**

El estudio, siguió un enfoque de tipo descriptivo y de campo. Los datos del estudio, se obtuvieron considerando los sistemas eléctricos existentes y los sistemas nuevos. Para obtener las características de la carga se razonaron a partir de sus cualidades básicas, tales como: la demanda máxima y de promedio, que significa el número de KWH consumidos, en un intervalo de tiempo definido, sobre el número de horas equivalentes a ese lapso de tiempo. En el caso de los grupos de cargas no similares se procede a aislar la carga de interés de las otras y desde un análisis probabilístico de las experiencias en redes de distribución europeas, se obtuvieron mediciones que dan a entender la variación de carga que una red de distribución puede considerarse, por lo general, tal como expresa Orejuela (1980), es una forma bastante aproximada, como de distribución estadística normal durante los altos períodos de carga. Se aplicó como método el de ARVIDSON, el cual utiliza tiempo y cantidad de usuarios como variables para el cálculo de la demanda máxima coincidente. La población la constituyeron los transformadores que se usan en la urbanización Alta Monte, ubicada en la vía TACHINA - TIGRE, parroquia Tachina, cantón y provincia de Esmeraldas.

## Resultados

Para la aplicación del método Arvidson optimizado, se tomó como ejemplo el transformador CT-10 de 50 KVA, perteneciente al parque de transformadores de la urbanización Alta Monte, el cual sirve a 22 usuarios tipo B, según las normas de la EEQ (2014), perteneciente al parque de transformadores de la red primaria de la urbanización. La aplicación desarrollada en Excel VBA utilizando el método Arvidson para la optimización de potencias, tomó en cuenta la no coincidencia de los picos de las demandas y las coincidencias para calcular la demanda máxima diversificada.

La potencia de algunos de los transformadores, según Math Works (2016), logra su optimización por medio de la curva de demanda diaria de la zona donde está ubicado el transformador, para mejorar los picos de demanda en cada hora del día, si existe una demanda a determinada hora del día, que no coincida con la curva de demanda diaria de la zona, esta se reducirá o aumentará; si esta demanda se encuentra en la hora pico de la curva de demanda diaria que caracteriza la zona, esta demanda no se modificará.

En los meses de agosto y diciembre de mayor demanda, se tomaron tres alimentadores para sacar las muestras de los días con sus respectivas demandas horarias, los cuales fueron el alimentador Tolita, Malecón centro y el alimentador balao.

La demanda máxima diversificada (DMD) se calculó a partir de la carga instalada de una casa del nivel socio económico B, para esto se usó lo aportado por la encuesta del INEC (2017), donde asume que un usuario tipo B es el segundo estrato y representa el 11,2% de la población investigada.

En cuanto a las viviendas: En el 46% de los hogares, el material predominante del piso de la vivienda es de parquet, tablón o piso flotante, los cuales tienen en promedio dos cuartos de baño con ducha de uso exclusivo para el hogar. El 97% de los hogares dispone de servicio de teléfono convencional. El 99% de los hogares cuenta con refrigeradora y más del 80% de los hogares dispone de cocina con horno, lavadora, equipo de sonido y/o mini componente., así como en promedio los hogares tienen dos televisiones a color.

La demanda máxima coincidente la tuvo la iluminación y todas las misceláneas a las 20:00 horas, para dicho cálculo se consideraron la cantidad de usuarios, para calcular los factores de coincidencia y factores de diversidad.

## Conclusiones

- Se logró optimizar, haciendo el respectivo estudio de la curva de carga diaria de la zona y multiplicando la demanda calculada en cada hora del día, de la Urbanización Alta Monte que es de 412.5 KVA con el método tradicional, donde la potencia requerida es de 400 KVA y con un factor de carga para un intervalo de 25 min.,  $\%Per = 0.3Fc + 0.7Fc^2$  y  $Dper = \%Per \times DMD$ , la potencia requerida es 393.82 KVA.
- Los factores de coincidencia aplicables a usuarios residenciales, se pueden obtener de la curva de demanda promedio coincidente de cada empresa de distribución.
- Los transformadores con carga diferente a la carga residencial se excluyeron del cálculo por lo que sus potencias no varían.

## Referencias Bibliográficas

- Castaño, S. (2006). Redes de Distribución de Energía. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- CONELEC. (s/a). Consejo Nacional de Electricidad. Estudio y gestión de la demanda eléctrica. Plan maestro de electrificación.
- EEQ. (2014). Energía Eléctrica de Quito. Normas para Distribución. Quito.
- INEC. (2017). Instituto Nacional de Estadística y censos. Recuperado en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-estratificacion-del-nivel-socioeconomico/>.
- Math Works. (2016). Curve Fitting app. MATLAB® Tools.
- Orejuela, V. (1980). Comparación de demandas de diseño en sistemas eléctricos de distribución. Quito.
- Torres, R. (2006). Tecnología Eléc