

Proyecto Trabajo Final

Febrero del 2019

Modelización de redes de distribución y determinación del estado de carga de sus principales componentes a partir del consumo de los clientes

***Autor: Nicolás Alejandro Ventre
Carrera: Ing. Eléctrica***

***Tutor: Ing. Carlos Alberto Agüero
Co-Tutor: Ing. Guillermo Di Mauro***

***Evaluadores: Ing. Claudio Dimenna
Ing. Rubén Ferreyra***



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR

En calidad de TITULAR de los derechos de autor de la obra que se detalla a continuación, y sin infringir según mi conocimiento derechos de terceros, por la presente informo a la Universidad Nacional de Mar del Plata mi decisión de concederle en forma gratuita, no exclusiva y por tiempo ilimitado la autorización para:

- Publicar el texto del trabajo más abajo indicado, exclusivamente en medio digital, en el sitio web de la Facultad y/o Universidad, por Internet, a título de divulgación gratuita de la producción científica generada por la Facultad, a partir de la fecha especificada.
- Permitir a la Biblioteca que sin producir cambios en el contenido, establezca los formatos de publicación en la web para su más adecuada visualización y la realización de copias digitales y migraciones de formato necesarias para la seguridad, resguardo y preservación a largo plazo de la presente obra.

1. **Autor.** Apellido y Nombre: _____

Tipo y N° de Documento _____ -

Teléfono/s _____

E-mail _____

Título obtenido _____

2. Identificación de la Obra

TÍTULO de la obra (Trabajo de Graduación, Proyecto final, u otro)

2. AUTORIZO LA PUBLICACIÓN bajo la licencia Creative Commons (recomendada, si desea seleccionar otra licencia visitar <http://creativecommons.org/choose/> y detallar).

Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento- NoComercial-CompartirIgual3.0Unported

Firma del Autor Lugar y Fecha

Agradecimientos:

A mis familiares más cercanos Enrique Ventre, Claudia Orodaz, Justine Ventre y mis abuelos que me apoyaron a lo largo de toda la carrera y durante la realización de este proyecto.

A mi novia Yenhy Melanie Ribeiro, que me ayudó y estuvo en buenos y malos momentos en los últimos años de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

A mis tutores Ing. Carlos Alberto Agüero y Ing. Guillermo Di Mauro que siempre respondieron mis inquietudes a la brevedad, humildemente despejaron cualquier duda que pudiese tener y se aseguraron de que el trabajo cumpla con todos los objetivos que nos propusimos al comenzar.

A los profesores: Ing. Carlos Alberto Rico, Ing. Juan Vignerte y el Ing. Ruben O. Ferreyra que colaboraron en distintas etapas del proyecto con material útil, recomendaciones y aportes que fueron de gran ayuda en la construcción del proyecto.

I	RESUMEN	1
II	INTRODUCCIÓN	5
1	OBJETIVOS	8
2	SOFTWARE PARA DIGITALIZACIÓN DE REDES Y ADMINISTRACIÓN DE DATOS	10
3	SOFTWARE DE PROCESAMIENTO DE DATOS Y CÁLCULO ELÉCTRICO.....	12
III	MARCO TEÓRICO	15
1	CURVAS DE CARGA.....	15
2	ARTÍCULO “PÉRDIDAS ELÉCTRICAS EN LAS COOPERATIVAS Y EMPRESAS DE DISTRIBUCIÓN”	30
3	FACTOR DE POTENCIA, SU IMPORTANCIA EN EL CÁLCULO	33
4	PRINCIPALES HERRAMIENTAS Y DEFINICIONES DE AUTOCAD MAP COMO PLATAFORMA GIS.....	34
5	FUNCIONES DE MATLAB, GENERACIÓN DE APLICACIONES Y TRÁNSITO DE DATOS.....	50
IV	METODOLOGÍA.....	55
1	INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA.....	55
2	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	56
2.1	<i>Pre procesamiento y análisis de la información en plataforma GIS</i>	<i>56</i>
2.2	<i>Generación de curvas de carga en el entorno MATLAB.....</i>	<i>66</i>
2.3	<i>Importación y visualización de resultados en plataforma GIS.....</i>	<i>77</i>
V	RESULTADOS	82
1	EJEMPLO DE CÁLCULO	82
2	CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN UN CASO PARTICULAR POR DIGSILENT	91
VI	CONCLUSIONES Y PROPUESTAS	95
1	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA	96
2	PROPUESTAS A PARA FUTUROS TRABAJOS	97
3	CONCLUSIONES	98
VII	ANEXO 1 - ASPECTOS TÉCNICOS DE LA INFORMACIÓN SOLICITADA [1]	99
VIII	ANEXO 2 - CURVAS DE CARGA EN TRABAJOS INTERNACIONALES.....	102
IX	BIBLIOGRAFÍA.....	120

I Resumen

En este trabajo se presenta una herramienta informática y una metodología que permite determinar el estado de carga en alimentadores, de una red de distribución en el momento del día que al operador le interese. Para ello, actualmente las empresas eléctricas realizan mediciones en los puntos de interés, o colocan equipos que efectúan las lecturas en forma automática, lo cual deviene en elevados gastos para la compañía. Por otro lado, las empresas distribuidoras confeccionan informes de calidad de servicio y catastro de redes, reglamentados y controlados por la Dirección Provincial de Energía (DPE) junto al Organismo de Control de Energía de Buenos Aires (OCEBA). Por lo que se usan Sistemas de Información Geográfica (GIS) en donde deben cargar información de sus redes. Paralelamente, con fines de facturación, deben registrar consumos mensuales o bimestrales, para las diferentes categorías de clientes. Por lo tanto, se aprovecha la existencia de los GIS en las empresas y sus registros, generando una metodología que vincula la energía consumida por los clientes, con el estado de carga de los alimentadores de la red que los abastece.

La metodología comienza en el entorno del software AutoCAD MAP, en el cual se cuenta con la red a estudiar modelada en un GIS con todos los requisitos que exige la DPE, entre los que se destaca el consumo de los clientes y el tipo de tarifa contratada. Luego, se realiza la extracción del consumo mensual o bimestral de cada cliente, que es abastecido por el tramo de la red a estudiar junto a un código que señala su tipo de tarifa.

Los datos se leen y procesan, desde un archivo de texto, por herramientas desarrolladas en el software de cálculo MATLAB. El programa MATLAB se utiliza en forma de un archivo ejecutable, que se incorpora a las líneas de programación del software gráfico, por lo que el entorno de trabajo para realizar las consultas a la red y visualizar los resultados, es en todo momento AutoCAD MAP. El archivo ejecutable, además de procesar la información extraída, permite considerar pérdidas en la red, factor de potencia de las cargas y seleccionar horarios de consulta entre otros aspectos relacionados con la tarifa de los clientes consultados. Como resultado del procesamiento de la información extraída de AutoCAD MAP y de los parámetros indicados por teclado, por medio de estas herramientas, se obtiene una curva de carga en potencia y corriente en forma gráfica.

En la última etapa, se crea un nuevo archivo de texto que contiene la información específicamente consultada, para ser leído por AutoCAD MAP. En esta plataforma, en función a la sección del alimentador, el material del que está compuesto y la corriente calculada, se muestra junto al tramo de red en qué porcentaje de su capacidad está operando en el horario consultado.

De esta forma, se obtiene un procedimiento que permite encontrar el estado de carga que presenta cualquier alimentador de la red, aprovechando la información existente y sin necesidad de grandes inversiones de tiempo y dinero.

Abstract

This paper presents a computer tool and a methodology that allows to determine the state of charge in feeders, of a distribution network at the time of day that the operator is interested. For this purpose, electrical companies currently carry out measurements at points of interest, or place equipment that performs the readings automatically, which becomes a high expense for the company. On the other hand, the distribution companies prepare reports on quality of service and cadastre of networks, regulated and controlled by the Provincial Directorate of Energy (DPE) together with the Energy Control Agency of Buenos Aires (OCEBA). Therefore, Geographic Information Systems (GIS) are used where they must upload information from their networks. In parallel, for billing purposes, they must record monthly or bi-monthly consumption for the different categories of customers. Therefore, the existence of GIS in companies and their registries is taken advantage of, generating a methodology that links the energy consumed by customers with the state of charge of the feeders of the network that supplies them.

The methodology begins in the AutoCAD MAP software environment, in which the network to be studied is modeled in a GIS with all the requirements demanded by the DPE, among which stand out the consumption of the clients and the type of contracted rate. . Then, the extraction of the monthly or bimonthly consumption of each client is done, which is supplied by the section of the network to be studied together with a code that indicates its rate type. The data is read and processed, from a text file, by tools developed in the MATLAB calculation software. The MATLAB program is used in the form of an executable file, which is incorporated into the programming lines of the graphic software, so that the working environment for consulting the network and visualizing the results is at all times AutoCAD MAP. The executable file, in addition to processing the extracted information, allows to consider losses in the network, power factor of the loads and to select consultation schedules among other aspects related to the rate of the consulted clients. As a result of the processing of the information extracted from AutoCAD MAP and the parameters indicated by the keyboard, by means of these tools, a load curve is obtained in power and current in graphic form.

In the last stage, a new text file containing the specifically consulted information is created, to be read by AutoCAD MAP. In this platform, depending on the section of the feeder,

the material of which it is composed and the calculated current, it is shown next to the network section in what percentage of its capacity is operating in the consulted time.

In this way, a procedure is obtained that allows finding the state of charge presented by any feeder in the network, taking advantage of the existing information and without the need for large investments of time and money.

II Introducción

En este capítulo se presentan las bases que motivan a este trabajo titulado “Modelización de Redes de Distribución y determinación del Estado de Carga de sus Principales Componentes a partir del Consumo de los Clientes” junto a los objetivos del mismo. El tema nace de la necesidad de disponer de mayor información acerca de la corriente circulante en los distintos puntos de la red para garantizar los niveles de confiabilidad y calidad en el servicio requeridos por los organismos de control. Como las cuestiones que se vinculan a un estudio de este tipo son demasiado amplios, este trabajo tiene un planteamiento de investigación general sobre las bases de curvas de carga representativas y estimaciones en cuanto las pérdidas técnicas y no técnicas en una red de distribución. Además se emplean dos software (MATLAB y AutoCAD MAP) aplicados a las redes eléctricas a modo de resolver la problemática.

A la hora de abordar la temática, primero es importante conocer los datos y/o herramientas con los que cuentan las empresas distribuidoras. Para ello se busca en la legislación vigente exigencias referidas a la digitalización de redes y el manejo de los datos asociados a la misma. Además, para la realización del trabajo se requiere de la búsqueda de información respectiva a las pérdidas de energía en la red eléctrica, es decir, en los conductores, transformadores y demás elementos de la red, así también, las que vienen dadas por el fraude en su mayoría.

Una temática importante en el trabajo, por su efecto en la determinación del estado de carga, es la búsqueda de curvas de carga representativas a los distintos tipos de clientes que alberga una empresa distribuidora. La búsqueda de la curva más similar a la real, implica resultados más precisos.

Entre la información recopilada, se destacan los datos de un gran grupo de clientes de la Cooperativa Eléctrica de Balcarce, los cuales fueron cargados a la plataforma GIS (de la que se hablara más adelante en este capítulo) en AutoCAD MAP, para realizar pruebas durante el desarrollo del proyecto que aseguran su correcto funcionamiento.

En lo referente a reglamentaciones y control de las empresas de distribución de la energía eléctrica, en la provincia de Buenos Aires, el ente regulador designado es O.C.E.B.A. (Organismo de Control de la Energía de Buenos Aires). El mismo, se encarga de controlar diversos parámetros a las empresas con el afán de asegurar calidad en la energía eléctrica. Otro organismo relevante en la provincia es la D.P.E. (Dirección Provincial de Energía), el cual justamente, dispone por ley la exigencia de contar con un GIS. Los organismos citados son los vigentes el área donde se realizó el presente proyecto, es por ello que se hace alusión a

los mismos. Aun así, muchas de las exigencias que proponen pueden proyectarse a otras provincias o incluso países.

La Dirección Provincial de Energía establece entre otras obligaciones para las empresas distribuidoras de energía [1]:

El requerimiento informativo de la presentación con carácter de declaración jurada de una base de datos georreferenciada correspondiente a sus instalaciones dedicadas al servicio público de distribución de energía eléctrica. Para tal requerimiento, se establece la periodicidad anual de las obligaciones establecidas en la disposición N° 1.452/08, fijando como vencimiento el último día hábil del mes de diciembre del año correspondiente a informar, con el objeto de mantener actualizada la base de datos. Además parte de la información requerida es necesaria para dar cumplimiento con lo dispuesto por la resolución 4/06 el Consejo Federal de Energía Eléctrica a través de la cual se aprueba el régimen de información a presentar por las jurisdicciones provinciales para el cálculo de su participación en la distribución del Fondo Subsidiario para Compensaciones Regionales de Tarifas a Usuarios Finales (FCT).

Dentro de la documentación a presentar anualmente, se debe suministrar la longitud total de líneas de media tensión y monofásica con retorno a tierra en servicio, centros de distribución, estaciones y subestaciones transformadoras y sustentada mediante un sistema de posicionamiento geográfico (GPS). Además, en el lapso de tiempo comprendido entre la solicitud de información y la elaboración de los sistemas a los efectos de su certificación, *la Secretaría de Energía de la Nación solicita información referente a la georreferenciación de los usuarios asociado a la base de datos de consumo de los mismos.*

En adición a lo mencionado en este apartado, se mencionan las consideraciones a tener en cuenta por las empresas de distribución eléctrica de la provincia de Buenos Aires [1]: *“Todo concesionario de distribución de electricidad actuante en la jurisdicción eléctrica de la provincia de Buenos Aires deberá cumplimentar el informe solicitado de acuerdo al contenido, metodología, especificaciones informáticas y normas de presentación que a continuación se detallan.*

Las instalaciones a auditar se corresponden a todos aquellos activos que siendo de propiedad del Concesionario, se encuentren afectados total o parcialmente al desarrollo de la actividad de distribución de energía eléctrica que el mismo presta dentro de su área de concesión.

Para una eficaz realización de la tarea y aprovechamiento de sus resultados, la Dirección Provincial de Energía proveerá a todos y cada uno de los concesionarios involucrados, una herramienta de control previo y generación de archivos necesarios para el envío de la información de utilización obligatoria.

Las características del programa de validación se detallan más adelante en este anexo. La presentación a realizar deberá ser acompañada por el reporte generado por el programa mencionado, debiendo estar firmada por las autoridades técnica e institucionalmente responsables del prestador.

Por otra parte, la Dirección pondrá a disposición una base cartográfica georreferenciada desagregada por el/los partido/s dentro de los cuales cada uno de los concesionarios presta servicio. El uso de dicha cartografía, de carácter opcional, procura servir de apoyo como soporte geográfico para la tarea. El tiempo de brindar una visualización homogénea a la localización de las instalaciones requeridas en toda la jurisdicción.”

En el Anexo 1 del capítulo 7, se brindan ejemplos, aspectos técnicos y requisitos de formato para presentar los informes al organismo de control.

A pesar de que la mayoría de los datos exigidos por la DPE en un GIS no son de utilidad para el cálculo en la resolución del problema, el proyecto toma como hipótesis y punto de partida que la empresa eléctrica destinataria este provista de la digitalización de la red, por lo que indirectamente deberán contar con la información correspondiente. Por estas razones, se utilizan estos datos como bases para el análisis, como los que vinculan a los usuarios abastecidos por un mismo alimentador, el material y sección del tendido y muchos otros datos son necesarios para la resolución del proyecto.

En cuanto a la relevancia del proyecto, las compañías de distribución de la energía eléctrica requieren información sobre el estado de carga en toda la extensión de la red para un sin número de propósitos, ya sea de carácter técnico, económico o comercial. Actualmente, cuando las empresas distribuidoras requieren conocer el nivel de electrificación en algún punto en particular envían personal a la zona en cuestión a realizar las mediciones correspondientes o confían en la experiencia del personal que supone un cierto estado de carga. El proceso de expedir empleados a constatar distintos sitios, el traslado hasta el lugar propio y el informe con la información solicitada genera una gran demanda de tiempo y dinero. Si bien es cierto que algunas empresas cuentan con equipos de medición en diversos puntos de la red, muchas veces estos equipos no tienen la posibilidad de transmitir la información recopilada a una base de datos de forma remota o no cuentan con suficientes equipos como para poder conocer del estado de carga de toda la red. Además, en los casos de pequeñas cooperativas, por lo general no es justificada la inversión en equipos de medición de tal magnitud por lo que optan por no contar con este instrumental.

En síntesis, surgen una serie de dificultades siendo la principal de ellas económica. El instalar un medidor en cada punto de la red involucraría un monto de inversión muy superior a los beneficios que otorga el conocer el comportamiento de consumo de estos consumidores. Además, existen dificultades técnicas y logísticas, que se relacionan con el manejo de mucho

personal destinado a relevar las indicaciones de los equipos, o diseñar una red de comunicación de datos, que los envíe desde cada punto de la red eléctrica a una central que los almacene y los tenga a disposición de quien los requiera.

La forma en que la demanda de energía eléctrica se ve afectada, se refleja en las curvas de carga de los diferentes usuarios. Para las empresas de energía, el conocimiento de los estados de carga de los principales elementos de una red, se hace indispensable en futuras predicciones y en el despacho actual. Muchos investigadores afirman que es fundamental el conocimiento y la predicción de la carga eléctrica, para planificar recursos existentes, programas de mantenimiento y extensión de redes.

El consumo de energía se ve afectado por los hábitos de consumo que poseen los usuarios, los cuales están ligados a factores como el comportamiento de la población en cuanto a consumo de electricidad, cultura de ahorro, eficiencia en la utilización de electrodomésticos, dispositivos tecnológicos y conductas propias adaptadas por los consumidores en los diferentes días de la semana. En el caso de los usuarios industriales, el comportamiento puede variar en gran medida según el tipo de industria que se trate y al periodo del año en el que se evalué el comportamiento.

1 Objetivos

Es objetivo del presente trabajo determinar el estado de carga en cualquier alimentador de una red de distribución en el momento del día que al operador le interese. Para su realización se debe contar con una plataforma GIS que permita visualizar la red en su totalidad distinguiendo cada uno de los tramos y elementos que la componen. De este modo, el operador puede asegurarse que la consulta está siendo realizada en el sector que es de su interés. Además, se requiere que los resultados sean de fácil interpretación, es decir, que los resultados sean mostrados a modo de porcentajes representativos de la capacidad disponible de carga junto colores como rojo, amarillo o verde que dan idea de que tan cargado está el alimentador.

Otra dificultad a la hora de evaluar el estado de carga de la red es el de poder visualizarlo. Muchas veces al trabajar con grandes cantidades de datos, la mejor forma de conseguir practicidad y eficiencia a la hora de resolver una tarea, es que los elementos que se estén analizando sean visualizados. Esto ayuda a la comprensión de lo que se está analizando y reduce la posibilidad de errores en las consultas y operaciones. Una excelente herramienta para poder conseguirlo es un GIS, siendo parte de los objetivos de este trabajo realizar un uso óptimo de la plataforma.

Es importante para este trabajo, ser de fácil implementación logística. Con lo cual, también se busca hacer uso provechoso de la plataforma GIS y los datos asociados a las redes que son exigidas por la DPE. Partir de las bases que impone el organismo, asegura al proyecto que su instalación no requiera de mayores esfuerzos para las empresas de distribución. Es decir, que se espera hacer uso óptimo de los registros mensuales o bimensuales de consumo, características de las redes digitalizadas, herramientas disponibles en la plataforma GIS y demás datos necesarios para una compañía eléctrica con el fin de conseguir resultados sin necesidad de grandes inversiones de tiempo ni desarrollo informático.

En cuando a la implementación en distintas redes, la metodología debe contemplar las diferencias que pueden existir entre ellas. Las discrepancias como las perdidas eléctricas son muy diversas entre redes según factores climáticos, vandalismo, entre otros. Otro aspecto a considerar son las características de consumo de los clientes que varían según los hábitos culturales, tipo de industrias activas y sectores rurales o urbanos. También en sintonía con los consumidores, el estado de carga depende del factor de potencia que ellos presenten, es decir, en el cálculo de potencia aparente y consecuentemente de la corriente, es necesario conocer la potencia reactiva de la demanda. Por otro lado, como el proyecto utiliza las lecturas de energía que pueden ser mensuales o bimensuales, se debe considerar que según el tipo de tarifa del cliente y de la política de la empresa en cuanto a facturación, si los datos utilizados corresponden a lecturas mensuales o bimensuales por su relevancia en los resultados finales.

Refiriéndose a la practicidad en su operación, el entorno de trabajo debe proporcionar comandos y casilleros que ayuden a obtener resultados más precisos y en pocos pasos, haciendo que el entorno y el mecanismo desarrollado sea más ameno para el operador. Los comandos deben ser claros mostrando la secuencia a seguir y con carteles que indiquen sus funciones. Además, es importante considerar que los hábitos de consumo de los clientes son cambiantes durante el transcurso de cada año, con lo cual es necesario poder realizar actualizaciones de los datos, al menos en forma mensual. Estas actualizaciones también deben tener en cuenta los posibles cambios en la configuración de la red entre otras variantes.

Entre las dificultades operativas se destacan, la vinculación de los datos de los consumidores entre sí, cuando los mismos se encuentran en el tramo que el operador seleccionó para su análisis. Sumado a lo anterior, la determinación de un proceso o transformación que utilice la energía consumida por los usuarios para obtener la curva de demanda diaria, considerando los diversos comportamientos que presentan los clientes del servicio eléctrico.

2 Software para digitalización de redes y administración de datos

Las empresas de distribución de la energía eléctrica cuentan con mucha información de sus redes. Esta información puede estar referida a características de los clientes por lo que cada uno de ellos cuenta con un código único. Para cada cliente (además de identificarlo por este código) se tiene registro del tipo de tarifa que tiene contratada, dirección postal, dirección del suministro, código del medidor y consumo entre otras características. Estos registros ayudan a llevar un control de la energía vendida y la zona en la cual realizar las lecturas de energía entre muchas otras posibilidades.

Otro elemento a relevar para las empresas distribuidoras es la misma red. Entre los datos destacables a mencionar, para los conductores se requiere tener registro de tensión nominal, material (sea cobre, aluminio o aluminio/acero), la sección, longitud de los tramos y cantidad de fases, entre otros; en los transformadores potencia nominal, cantidad de salidas, tipo de bobinado, relación de transformación, tensión del lado de alta y de baja, tipo de conexión; en seccionadores tensión nominal, dimensiones; y datos referidos a fusibles, aisladores y demás elementos. Poseer esta información ayuda a crear y mejorar planes de mantenimiento para las redes, elegir el tamaño de stock que mejor se ajuste, sectorizar el área abastecida para luego asignar cuadrillas a cada división y demás ventajas técnicas y económicas.

Estos datos ayudan a llevar un control de la red, con el fin de asegurar una mayor calidad en la distribución de la energía eléctrica a partir de seguimiento de los consumidores, actualización de la configuración de las redes, actualizaciones en los consumos de los clientes mes a mes y energía no suministrada por cortes programados o no, entre otros parámetros que hacen a la calidad.

Dada la extensión que puede llegar a tener una red de distribución, la cantidad de datos que deben almacenarse es muy grande y conlleva a buscar una herramienta que permita visualizar tales datos de forma sencilla. El mejor instrumento para solucionar esta problemática es la utilización de un GIS. La importancia de contar con tal sistema es tal, que los organismos de control exigen a las empresas poseerlo (como se mencionó en la introducción), asegurándose de que hagan un buen uso de los datos a su disposición para brindar a la población mayor confiabilidad en cuanto al suministro eléctrico.

La base del trabajo es el empleo del software AutoCAD MAP, el cual es muy utilizado en el ámbito profesional como plataforma GIS. En este entorno, el operador puede acceder a la información de toda la red de distribución con solo seleccionar los elementos que la

componen y utilizar la variedad de herramientas que ofrece la plataforma. En la figura 2.2.1 puede observarse, parte de la red digitalizada en el entorno de AutoCAD MAP.

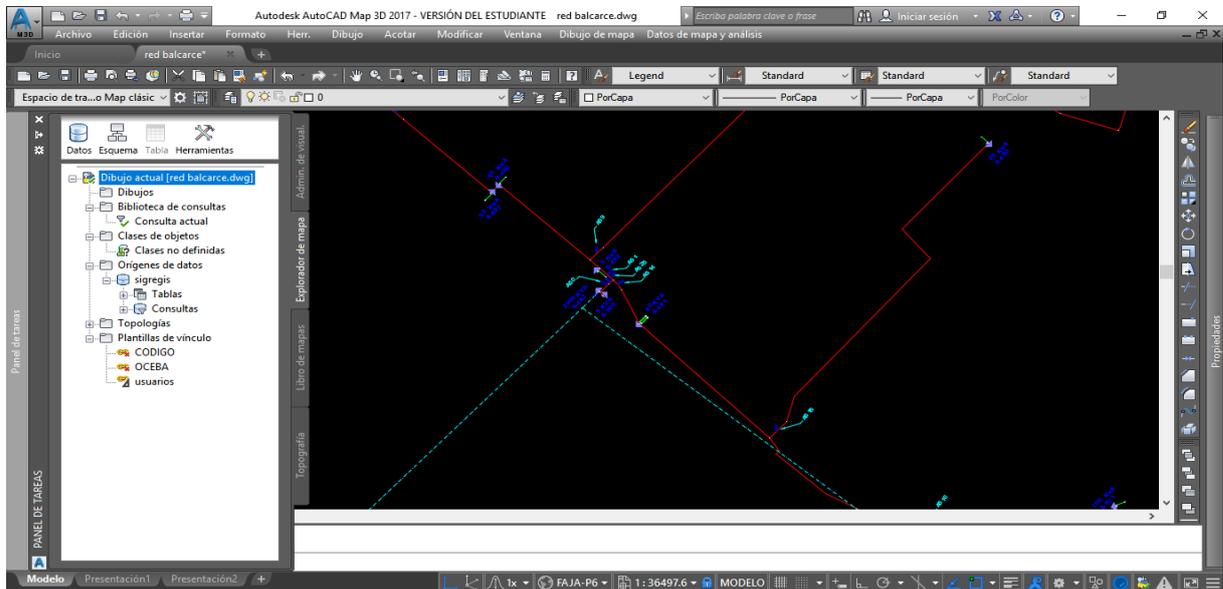


Figura 2.2.1 – Entorno AutoCAD MAP

La digitalización de redes es esencial en la resolución de la problemática. Esto se debe a que los GIS permiten integrar datos y métodos tradicionales de análisis geográfico, como el análisis de superposición de mapas, con nuevos tipos de análisis y modelación, que están más allá de los métodos manuales. Con los GIS es posible realizar mapas, modelos, consultas y análisis de grandes cantidades de información todos ellos apoyados en una o más bases de datos.

La definición más amplia de un GIS es:

“Los GIS son un sistema organizado de equipo informático, software, datos geográficos y descriptivos, así como diseños personales para hacer más eficiente la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y despliegue de todas las formas de información georreferenciada” [2]

Entre las principales ventajas, permiten almacenar mayores cantidades de información que los mapas en papel. Existen tres tipos básicos de información en los mapas digitales que son:

- Información Geográfica- Incluye la localización y forma de las entidades
- Información textual- Información no gráfica, como las estadísticas o información de texto acerca de objetos específicos
- Información de Despliegue

Además, controla la apariencia de las entidades geográficas con la información de mapas. Como también, se puede realizar análisis espacial complejo y crear una variedad infinita de presentaciones temáticas. Frente a los mapas de papel se destacan las siguientes ventajas [3]:

- Almacenamiento simple y extracción de grandes cantidades de información gráfica y no gráfica.
- La habilidad para acceder a la información almacenada en bases de datos externas a través de ligas SQL. AutoCAD MAP soporta muchos formatos de Base de Datos incluyendo Microsoft Access, dBase y Oracle al igual que las Bases de Datos vía ODBC.
- Capacidad de editar múltiples dibujos crear un nuevo dibujo con información proveniente de varios dibujos.
- Habilidad para crear mapas temáticos que destaquen alguna información de manera rápida y eficiente.
- Disponibilidad de información a muchos departamentos en la misma organización

En cuanto a las posibilidades que ofrecen las herramientas de una plataforma de estas características, el abanico es grande. Se destacan la creación de topologías que son un conjunto de conexiones que establece como nodos, objetos de vinculo (líneas), y polígonos que se relacionan unos con otros. Además de herramientas que facilitan la creación de la topología como la limpieza y otras que aprovechan las topologías para realizar consultas sobre los objetos relacionados. Estas herramientas se describen con mayor detalle en el punto 4 del capítulo 3.

3 Software de procesamiento de datos y cálculo eléctrico

En cuanto al software encargado de procesar los datos, se escoge MATLAB. El software es utilizado por ingenieros en diversas áreas como comunicaciones, redes eléctricas, procesamiento de imágenes, procesamiento de señales, diseño de control y muchos otros campos.

El software es elegido por la capacidad que ofrece para resolver problemas matemáticos con gran sencillez. El lenguaje de MATLAB, está basado en matrices siendo esta la forma más natural del mundo para expresar las matemáticas computacionales. Asimismo, MATLAB permite la generación de gráficas integradas facilitan la visualización de los datos y la obtención de información a partir de ellos. Una vasta biblioteca de

herramientas (*Toolboxes*) integradas permite trabajar con algoritmos esenciales para su dominio.

Características principales del MATLAB:

- Lenguaje de alto nivel para cálculos científicos y de ingeniería
- Entorno de escritorio afinado para la exploración iterativa, el diseño y la solución de problemas
- Gráficas para visualizar datos y herramientas para crear diagramas personalizados
- Aplicaciones para ajustar curvas, clasificar datos, analizar señales, ajustar sistemas de control y muchas otras tareas
- *Toolboxes* complementarias para una amplia variedad de aplicaciones científicas y de ingeniería
- Herramientas para crear aplicaciones con interfaces de usuario personalizadas
- Interfaces para C/C++, Java®, .NET, Python, SQL, Hadoop y Microsoft® Excel®
- Opciones de implementación libres de regalías para compartir programas de MATLAB con los usuarios finales

El entorno de MATLAB cuenta con 5 ventanas principales que son el Workspace, Command History, Command Windows, Editor y Current Folder. En la figura 2.3.1 se puede apreciar las ventanas mencionadas.

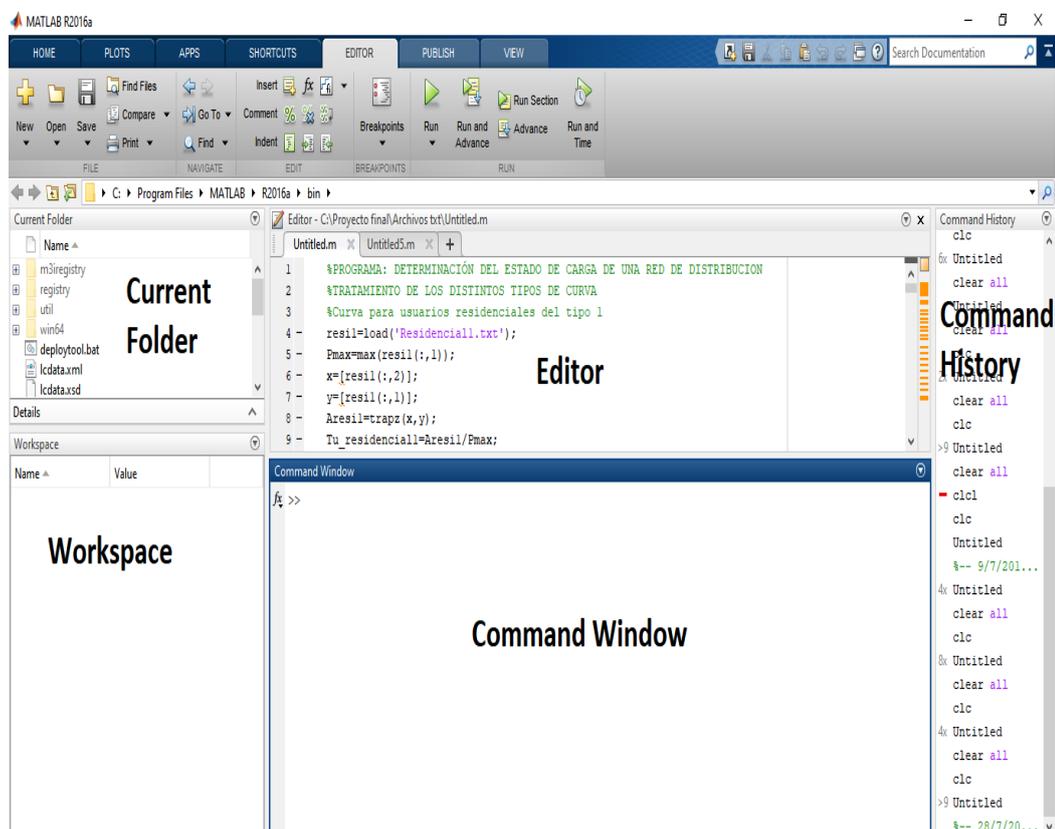


Figura 2.3.1- Entorno MATLAB, sus ventanas

Command Window: en esta ventana el usuario escribe los comandos a ejecutar, puede definir nuevas variables y ejecutar programas ya guardados llamándolos por su nombre, entre otras posibilidades.

Command History: es una ventana que tiene el fin de almacenar los comandos escritos en Command Window y presentar el valor de las variables en ejecución.

Workspace: es la ventana que enumera todas las variables presentes en la ejecución por Command Window o por Editor. Además de mostrar las variables en acción por su nombre, muestra que tipo de variable son y que valores contienen.

Editor: permite escribir los comandos sin que estos se ejecuten para desarrollar un programa que una vez guardado se lo pueda ejecutar por la Command Window o por el botón Run en el menú principal del Editor.

Current Folder: para poder ejecutar un programa previamente guardado, en la ventana Current Folder se debe encontrar el archivo a ejecutar. Lo mismo ocurre para la lectura y la sobre escritura de archivos, es decir que para que pueda realizar estas operaciones, los archivos deben encontrarse en la Current Folder con la excepción de que el archivo a ejecutar ya tenga predefinida la ruta de búsqueda para realizar la tarea.

Las posibilidades en resolución de problemas de este programa son muy amplias pero este proyecto se enfoca en programar las funciones disponibles para la lectura de datos de archivos externos y la creación de nuevos archivos. Entre otras posibilidades de interés para la resolución del proyecto, se destacan las operaciones sobre matrices, generación de gráficos y cuadros de dialogo. Estas funciones y su compactación para utilizarse como una aplicación ser detallan en el punto 5 del capítulo 3.

III Marco teórico

Este capítulo se enfoca en los conocimientos básicos acerca de la curva de demanda de energía eléctrica, empleo de GIS, marco regulatorio y demás conceptos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

1 Curvas de carga

Una forma de determinar del estado de carga que presenta una red es obtener la curva de carga representativa de todos los tipos de consumidores. La misma está conformada por los consumos de energía de cada uno de los usuarios que son abastecidos por la red. En ella puede observarse como aumenta o disminuye la potencia consumida en el transcurso del día (Potencia [kVA] vs Tiempo [hs]).

Para poder interpretar la metodología primero se deben conocer algunos aspectos representativos de una curva de carga:

Tiempo total considerado: es el tiempo en el que releva la curva de carga (24hs).

Potencia máxima: es la máxima potencia que la curva de alcanza durante el tiempo total considerado.

Energía total consumida: es el área debajo de la curva de carga.

Potencia media: es la potencia media que se obtiene durante el tiempo total considerado.

Tiempo de utilización: es el tiempo para el cual se puede transferir la misma energía a potencia máxima.

Estas definiciones llevan a la siguiente expresión:

$$P_{max} \cdot T_u = P_{med} \cdot T_{Total} = E \quad 3.1.1$$

En la Figura 3.1.1 puede verse gráficamente el significado de la expresión 3.1.1.

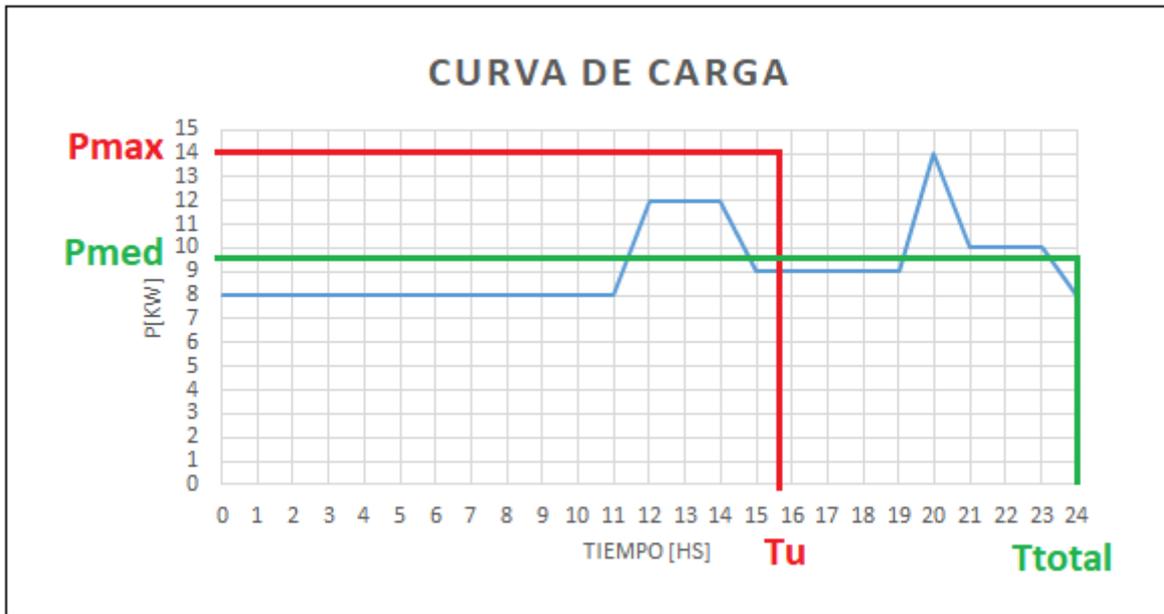


Figura 3.1.1 – Características de una curva de carga [4]

En la figura 3.1.1 se pueden apreciar 3 áreas, una debajo de la curva azul, otra debajo de la roja y la tercera debajo de la verde. El área de todas ellas es equivalente tal como lo describe la expresión 3.1.1. Estos conceptos serán utilizados más adelante en el punto 2.2 del capítulo 4.

La obtención de las curvas de carga exactas de una red particular o de un tipo de cliente específico puede ser problema por la necesidad de realizar mediciones en varios puntos de la red. A pesar de esta problemática, sectores como alumbrado público, iluminación vial y comercios suelen tener curvas de carga que son características en esos tipos de clientes. Es por esto, que muchos trabajos se enfocan en la determinación de las curvas de carga por medio de diversos métodos. Se hace una aclaración importante acerca de este tema en que el presente trabajo no tiene como objetivo la determinación de las mismas sino que las utiliza como base para transformar lecturas de energía de los distintos clientes en una nueva curva de carga formada por esa lectura. Es por esto, que las curvas de carga empleadas serán de importancia para el resultado obtenido por la metodología que presenta en este trabajo.

Para poder entender en parte el comportamiento o la cantidad de energía demandada se deben conocer los tipos de tarifa vigentes en la provincia de Buenos Aires:

T1R:

- Casas o departamentos destinados a vivienda únicamente, excepto hoteles, alojamientos, casas de pensión y casa donde se subalquilen habitaciones.

- Casa – habitación en la que el titular ejerza profesiones liberales, considerando como tales a los diplomados en instituciones o institutos oficiales y/o privados reconocidos. Se exceptúan los casos en que haya pluralidad de profesionales y/o aquellos en que exista más de una persona trabajando en relación de dependencia.
- Casa - habitación cuyos ocupantes desarrollen trabajos a domicilio, siempre que en las mismas no existan locales de atención al público, y que la potencia de los motores o aparatos afectados a dichos trabajos no excedan de cinco décimas de kilovatios (0,5 KW) cada uno y tres kilovatios (3 KW) en conjunto.
- Dependencias o instalaciones en condominio de inmuebles cuando el destino mayoritario del mismo sea vivienda.
- En zonas urbanas y suburbanas sin servicio de agua corriente por red de cañerías, para el bombeo de agua potable destinada al consumo doméstico unifamiliar.
- Casa - habitación en la que el titular del suministro, en una dependencia de la misma posea un negocio pequeño de venta de artículos y/o servicios al menudeo (kiosco, venta de pan, verduras, comestibles en general, arreglo de calzado, etc.) y cuya potencia instalada sea inferior a la correspondiente al área destinada a vivienda.

T1RE:

Será considerado como Suministro Estacional el recibido por aquellos usuarios residenciales cuyo consumo máximo de energía en un período de facturación cualquiera durante el año calendario inmediato anterior, supere en al menos setenta y cinco por ciento (75%) el promedio de los consumos facturados en ese año calendario. En estos casos la tarifa aplicable será la Tarifa 1 Residencial Estacional (T1RE). Un usuario encasillado como T1RE en razón de su modalidad de consumo histórico, podrá solicitar a la compañía mediante comunicación escrita ser re-encasillado como T1R, si expresa que dicha modalidad de consumo no reunirá en lo sucesivo las características de tipo estacionales más arriba definidas.

T1G/T1GE:

Será considerado como suministro estacional el recibido por aquellos usuarios del servicio general cuyo consumo máximo de energía en un período de facturación cualquiera durante el año calendario inmediato anterior, supere en al menos cincuenta por ciento (50%) el promedio de los consumos facturados en ese año calendario. En estos casos la tarifa aplicable será la Tarifa 1 Servicio General Estacional (T1GE). Un usuario encasillado como

T1GE en razón de su modalidad de consumo histórico, podrá solicitar a la compañía mediante comunicación escrita ser re-encasillado como T1GBC o T1GAC, si expresa que su modalidad de consumo no reunirá en lo sucesivo las características de tipo estacionales más arriba definidas.

Un usuario encasillado como T1GE en razón de su modalidad de consumo histórico, podrá solicitar a la compañía mediante comunicación escrita ser re-encasillado como T1GBC o T1GAC, si expresa que su modalidad de consumo no reunirá en lo sucesivo las características de tipo estacionales más arriba definidas.

T1AP – Alumbrado Público:

Los usuarios que utilizan el suministro para el Servicio Público de Alumbrado y Señalamiento Luminoso, según se describe a continuación:

- Iluminación de caminos, avenidas, calles, plazas, puentes y demás vías de uso público.
- Alimentación de sistemas eléctricos de señalización de tránsito.
- Iluminación de fuentes ornamentales, monumentos y relojes de propiedad nacional, provincial o municipal.

T2 – Medianas demandas:

La Tarifa T2 se aplicará a todos los suministros de energía eléctrica cuya demanda de potencia, independientemente de la finalidad a que se destine el consumo, sea mayor o igual a diez kilovatios (10 KW) y menor de cincuenta kilovatios (50 KW). Los precios aplicables serán los que correspondan al nivel de tensión óptimo técnico-económico para la atención de suministro.

T3 – Grandes demandas:

La Tarifa T3 se aplicará a todos los suministros de energía eléctrica cuya demanda de potencia, independientemente de la finalidad a que se destine el consumo, sea mayor o igual a cincuenta kilovatios (50 KW). Los precios aplicables serán los que correspondan al nivel de tensión óptimo técnico-económico de suministro.

T4 – Pequeñas demandas rurales:

La Tarifa T4 se aplicará a todos los suministros de energía eléctrica prestados a usuarios que cumplan los siguientes requisitos:

- Su demanda máxima no exceda los diez kilovatios (10 KW) de potencia.
- Se encuentren servidos a través de una línea de media tensión, en forma directa o a través de puestos de transformación de media tensión a baja tensión individuales o compartidos.

Curvas de carga de investigaciones internacionales

Uno de los trabajos con mantiene más relación con la metodología planteada en el capítulo 4 se llama “Obtención de curvas de carga de transformadores de distribución mediante la facturación. Caso de estudio”. El estudio comienza con la caracterización de los clientes del sistema de distribución de la OBE municipal de Camagüey.

Como indica el título del trabajo, se obtuvo la curva de carga a partir de los consumos de energía relacionándolo con el comportamiento de los clientes según las tarifas eléctricas establecidas por las empresas distribuidoras. Es decir que a cada tarifa de cobro, se le asigna una curva de carga en función al comportamiento de consumo de ese tipo de usuario. Teniendo una curva de carga como referencia para un tipo de consumidor determinado y el consumo de energía de ese cliente, tanto el trabajo realizado en Cuba como la metodología planteada, transforman la energía consumida en una curva de carga.

En el caso de Camagüey lo que se buscó es obtener la curva de carga en distribuidores particulares con una determinada cantidad de mediciones de energía y definiendo las curvas de carga de referencia a partir de una base de datos (Tabla 3.1.1 y Tabla 3.1.2). De las

CODEL	Clasificación
1	Residencial
2	No residencial Privado
3	Industrial Privado
4	Agropecuario Privado
5	Comercial y de Servicio Social-Estatal
6	Industrial Estatal
7	Agropecuario Estatal
8	Alumbrado Publico
9	Residencial MLC
10	No residencial MLC
11	De ellos: Mayores de 50 KW diarios

Tabla 3.1.1- Código implementado para cada tipo de cliente [5]

Curva	Código en el SIGEDI	Factor de carga
Industrial1	41	0,45
Industrial2	42	0,57
Residencial 1	43	0,57
Residencial2	44	0,71
Mixta R1	45	0,68
Mixta R2	46	0,71
Mixta I	47	0,72
Servicio1	48	0,67
Servicio2	49	0,67
Alumbrado Público (AP)	50	0,50
Residencial Santa Clara (SC)	52	0,48
Residencial Santi Spiritus (SS)	53	0,70
Tienda Habana	54	0,30
Policlinico	55	0,49
Privado Electrobomba	56	0,24
Agricultura Estatal	57	0,38
Agricultura Privada	58	0,43

Tabla 3.1.2- Codificación y factor de carga de curvas de carga diaria típicas por tipo de cliente [5]

mediciones, por medio de estadística, se obtuvieron los mejores valores de energía realizando el cálculo a partir de ellos.

En el punto 2.2 del capítulo 4 se muestra como se hace uso de esta relación para la metodología mediante las herramientas de MATLAB empleada que consigue generar curvas de carga para cada tarifa. En cuando al proceso teórico, el cálculo es el siguiente:

1. Determinación de potencia máxima en la curva de referencia ($P_{\text{máxref}}$)

Se revisó en la curva cual es la potencia máxima alcanzada durante el día. Esta curva de referencia muestra cual es comportamiento de demanda de un tipo de tarifa determinado.

2. Determinación de energía consumida en un día por la curva de referencia (E_{ref})

Se calculó la energía consumida mediante la determinación del área formada bajo la curva.

3. Determinación del tiempo de utilización

El tiempo de utilización se supone igual tanto en la curva de referencia, como en la curva generada a partir de la energía consumida mensualmente. Por lo tanto se lo calcula por la expresión 3.1.1 como:

$$T_u[h] = \frac{E_{ref}[kWh]}{P_{máxref}[kW]}$$

4. Determinación de la energía consumida diariamente (E)

Los datos de energía disponible corresponden a lecturas mensuales o bimensuales, con lo cual se la debe dividir por 30 o 60 días según corresponda.

5. Determinación de la potencia máxima de la nueva curva de carga ($P_{máx}$)

La determinación de la potencia máxima alcanzada es realizar el paso 3 a la inversa nuevamente utilizando la expresión 3.1.1:

$$P_{máx}[kW] = \frac{E[kWh]}{T_u[h]}$$

6. Determinación de la curva de carga en por unidad

La curva de carga con valores en por unidad, no cuenta con valores de potencia en Watts. Se consigue dividiendo a cada valor de potencia alcanzado a lo largo de las 24 horas por un valor base que en este caso es la potencia máxima de referencia ($P_{máxref}$). Es decir que se divide a toda la curva de carga de referencia por su potencia máxima obteniendo valores que oscilan en cero y uno.

7. Obtención de la curva de carga generada a partir del registro de demanda

Este último paso consiste en multiplicar a la curva obtenida en el paso 6 por la potencia máxima calculada en el paso 5 ($P_{máx}$) obteniendo la curva de carga para los consumidores con el comportamiento de demanda que presenta la curva de referencia.

Los pasos anteriores se repiten para todas las tarifas presentes en el cálculo obteniendo una curva de carga representativa de la demanda de todos los usuarios abastecidos por el alimentador. En el trabajo realizado en Camagüey, utilizó las siguientes curvas de carga en la mencionada metodología (Figuras 3.1.2, 3.1.3 y 3.1.4).

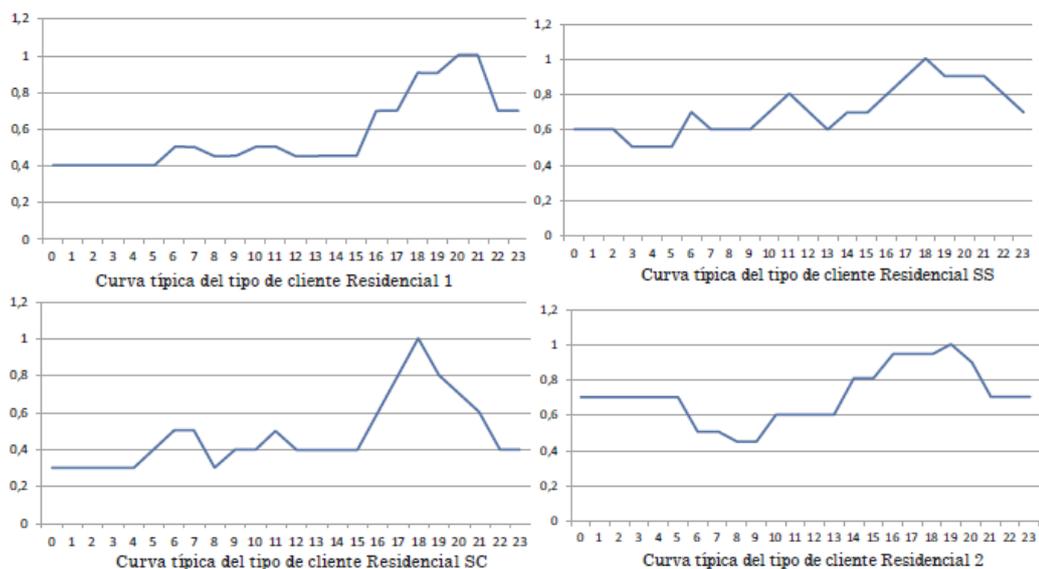


Figura 3.1.2 – Curvas de carga en por unidad de distintos clientes residenciales [5]

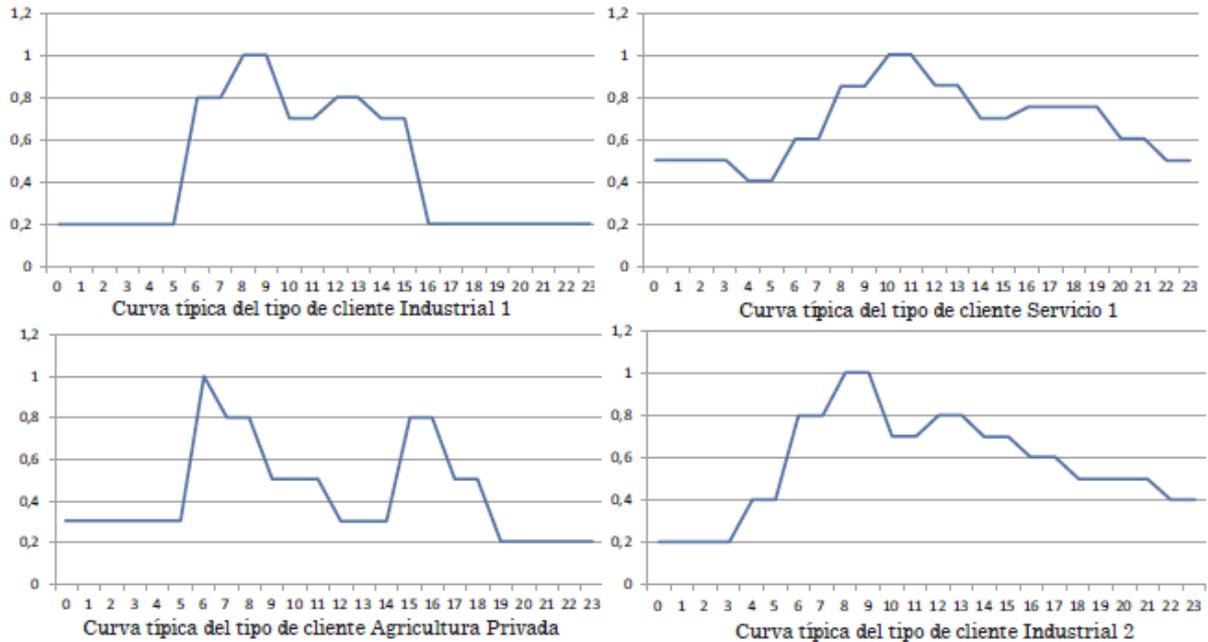


Figura 3.1.3 – Curvas de carga en por unidad de distintos clientes industriales y agricultura [5]



Figura 3.1.4 – Curva en por unidad de alumbrado público [5]

El proyecto encontrado emplea la misma transformación pero parte de una base de datos que cuenta con un parámetro característico de las curvas de carga de referencia de cada tarifa, llamado “Factor de carga” (f_c). En la expresión 3.1.2 se observa que se trata de operaciones similares.

$$P_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = \frac{E}{30 \cdot T_u} = \frac{\sum E_{\text{facturada}}[\text{kWh}]}{f_c \cdot 24 \cdot 30} \rightarrow T_u = f_c \cdot 24 \quad 3.1.2$$

En este trabajo, las pérdidas que se presentan desde la acometida hasta el transformador se les asigna un valor del 10% del valor máximo de potencia demandada además de considerar que todas cargas presentan un factor de potencia de 0,9. Estos aspectos técnicos para el cálculo se desarrollan en los puntos 2 y 3 del presente capítulo.

Como se mencionó previamente, las curvas de carga de referencia determinan en que momentos del día se alcanzaran los valores pico de potencia, con lo cual son relevantes en el resultado final. Es por eso que a continuación se mencionan proyectos que obtuvieron curvas de carga por diversos métodos y pueden ser utilizados como referencia, siempre que el operador pueda asegurar que tales curvas se corresponden con el lugar a estudiar.

Para el caso estudiado en Cuba, se eligieron 2 transformadores que abastecían a unos 97% y 99% de clientes residenciales respectivamente por lo que solo se consideran las curvas de las figuras 3.1.5 y 3.1.6 de interés en su aplicación a la tarifa T1R.

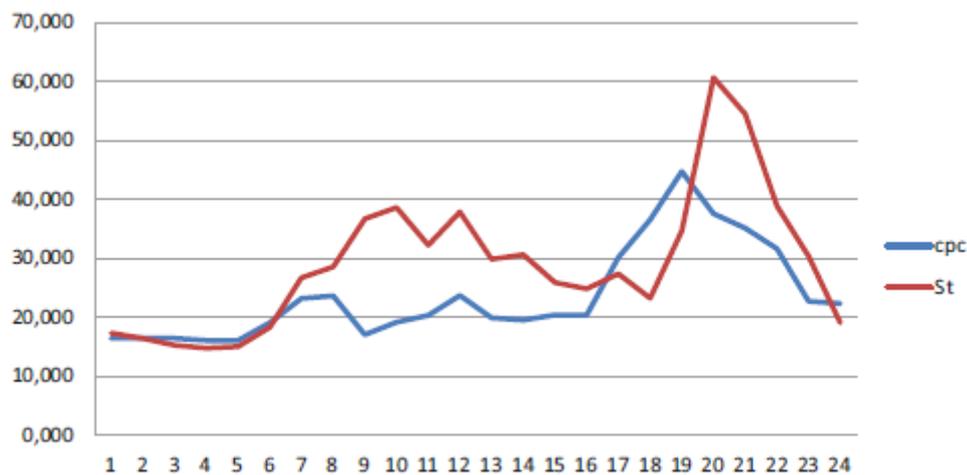


Figura 3.1.5- Curvas de carga del banco CB11198 [5]

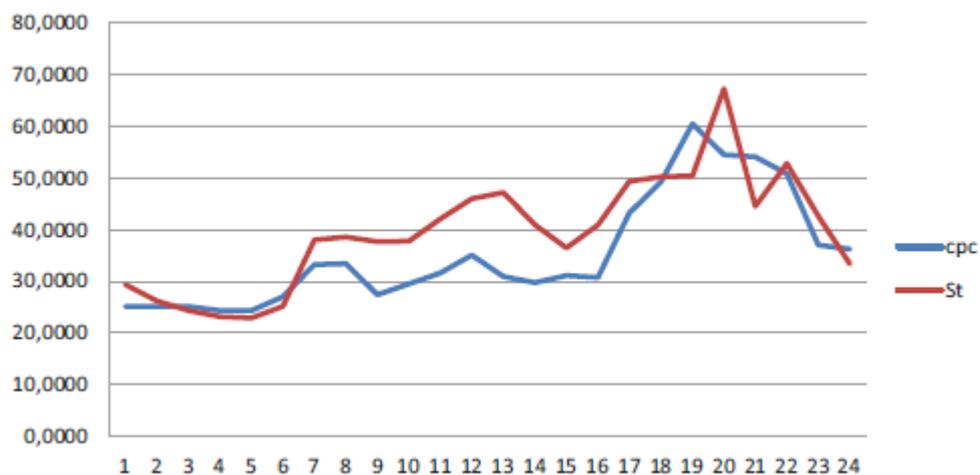


Figura 3.1.6- Curvas de carga del banco CB11278 [5]

En las figuras se observa en trazo azul a cpc que es la curva obtenida mediante el método propuesto y St en rojo, es la curva obtenida por mediciones. Se realizaron pruebas estadísticas que demostraron que no existe diferencia significativa entre las curvas obtenidas

por medición y las que se obtuvieron a partir de la superposición de las curvas de cargas de cada cliente asociado a un banco de transformadores. Por lo que el método resulta ser de gran simplicidad y efectividad siempre y cuando se conozcan con precisión los factores que caracterizan cada tipo de carga (como factor de potencia, factor de carga y factor de coincidencia de las cargas).

Otro proyecto de interés que tiene grandes similitudes con la metodología planteada, fue realizado por ingenieros de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia en conjunto con ingenieros de Brasil, San Pablo, siendo los datos recopilados de la última ciudad mencionada. Este proyecto presenta idénticos pasos en la transformación de la energía consumida mensualmente a una curva de carga, al realizado en Cuba, diferenciándose en factores que le aportan más precisión a los resultados finales. Entre las principales diferencias se destacan la realización del cálculo de pérdidas eléctricas líneas y en transformadores. Como se explicó en los objetivos del proyecto, considerar estos aspectos es relevante y el observar los procedimientos de los trabajos mencionados demuestra la importancia de considerarlos en el cálculo.

Este trabajo, además de calcular las pérdidas en las redes, obtiene un factor de corrección a los resultados encontrados por medio de comparar tales resultados con mediciones de campo. Luego, de aplicar tales factores de corrección obtienen resultados de alta confiabilidad en curvas para usuarios residenciales, comerciales, transformadores y alimentadores primarios en días hábiles, sábados y domingos. Para nuestro proyecto, de estas curvas, solo es de interés las que corresponden a los residenciales en días hábiles que se observa en la figura 3.1.7.

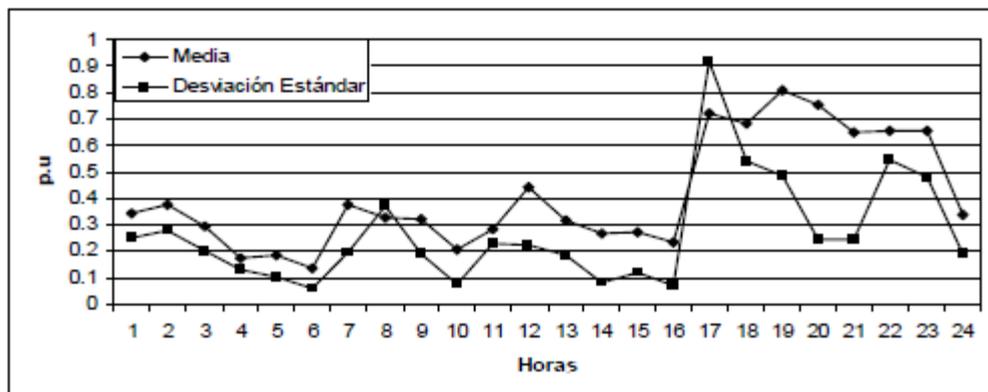


Figura 3.1.7- Curva de un consumidor residencial en un día ordinario [6]

Además de los mencionados proyectos, en el Anexo 2 se encuentran explicados en forma resumida, otros proyectos de diversas localidades que tienen por objetivo determinar una curva de carga representativa de clientes en transformadores o alimentadores entre otros.

Curvas de carga propias de la provincia de Buenos Aires

Este apartado muestra los resultados obtenidos por el proyecto “PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE CARGA Y LOS FACTORES K_i DE DISTRIBUIDORES MUNICIPALES”, el cual fue impulsado por la Federación de Cooperativas de Electricidad y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires limitada (FEDECOBA). Vale destacar, que los datos fueron suministrados por el Ing. Ruben O. Ferreyra, Director del mencionado proyecto, Director del Grupo de Estudios de la Regulación Eléctrica al año 2005 y actual Profesor titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

El trabajo es un gran aporte al presente proyecto por la proximidad del estudio realizado con el área que se busca tomar como ejemplo de cálculo (Ciudad de Balcarce, provincia de Buenos Aires). Con lo cual, las curvas que se presentan a continuación son las pre determinadas para la metodología propuesta.

El proyecto originado en FEDECOBA obtiene los coeficientes K_i y las curvas de carga representativas para cada una de los tipos de tarifas vigentes en la provincia de Buenos Aires. Por lo tanto se realizó una división en los siguientes grupos:

Grupo A	Pequeñas Demandas - Residencial (T1R, T1RE, TIS)
Grupo B	Pequeñas Demandas - Servicio General (T1GBC, T1GAC, T1GE)
Grupo C	Pequeñas Demandas - Alumbrado Público (T1AP)
Grupo D	Medianas Demandas - Baja Tensión (T2BT, T6BT)
Grupo E	Medianas Demandas - Media Tensión (T2MT, T6MT)
Grupo F	Grandes Demandas - Baja Tensión (T3BT, T5BT)
Grupo G	Grandes Demandas - Media Tensión (T3MT, T5MT)
Grupo H	Pequeñas Demandas Rurales (T4)

Tabla 3.1.3 – Grupos asignados a las distintas tarifas [7]

Para la realización del estudio, se filtraron las muestras realizadas antes de incluirlas en la base de datos y procesarla. Las validaciones que se realizaron fueron:

- a) Que estén representados los 7 días de la semana
- b) Que cada hora esté representada con al menos un valor
- c) Que no estén invalidados más de dos registros de la misma hora en distinto día.

Además, el programa permite filtrar y agrupar los datos por

- rango de fechas
- rango de consumo histórico

- rango de consumo extrapolado de la medición
- zona
- grupos de zona
- estación del año
- tarifa
- grupos de tarifa

De esta forma se obtuvieron las curvas representativas de los grupos mencionados en la tabla 3.1.3 que se encuentran referidas a la potencia media. Es decir que cada valor de potencia alcanzada fue dividido por la potencia media de la curva y no por la potencia máxima como ocurrió en los trabajos anteriores.

Las curvas de carga obtenidas en cada grupo siguen a continuación:

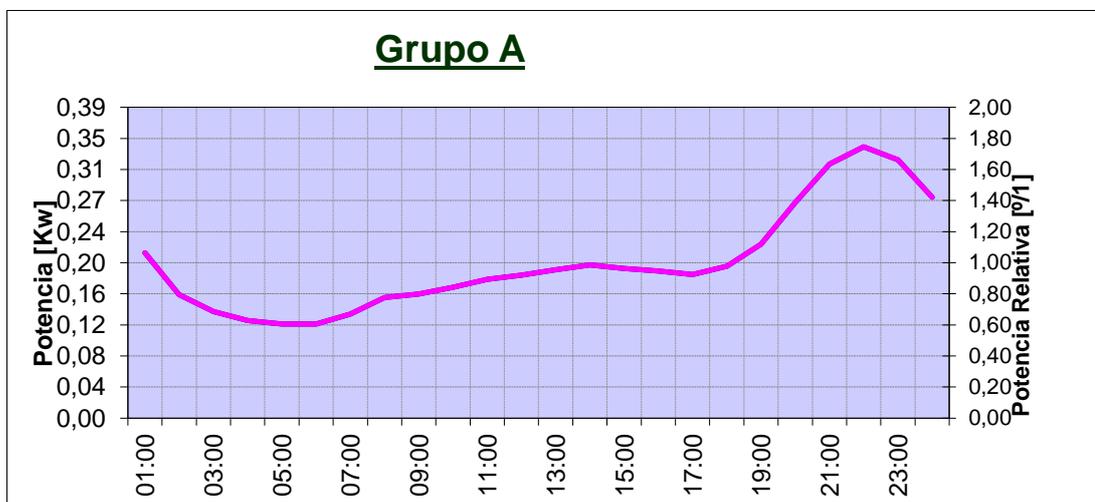


Figura 3.1.8-Curva de carga Grupo A [7]

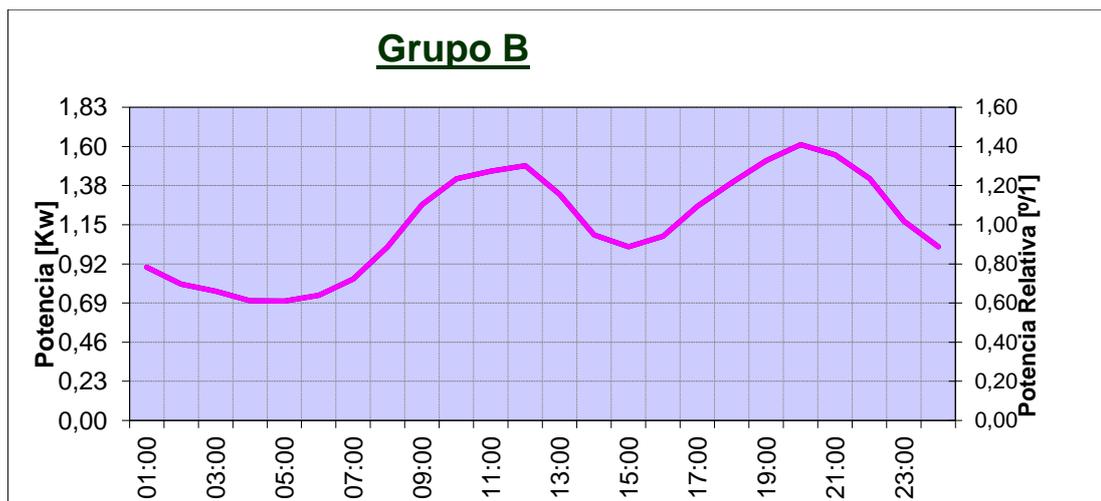


Figura 3.1.9-Curva de carga Grupo B [7]

En las figuras 3.1.8 y 3.1.9 se pueden observar grandes similitudes con las curvas de carga de las figuras 3.1.2 y 3.1.7 siendo todas ellas referidas a clientes residenciales de

distintos tipos. Estas coincidencias prueban el supuesto de un consumo similar en los clientes de pequeñas demandas.

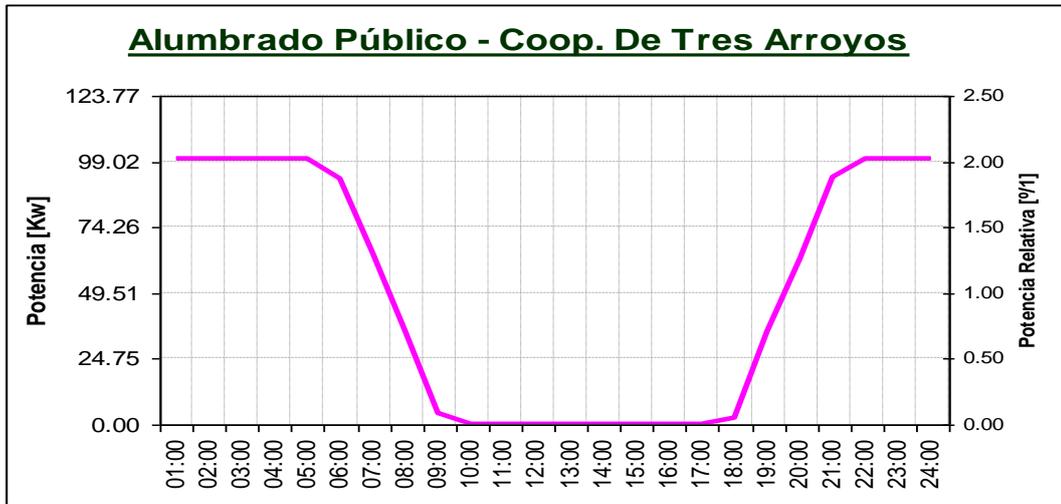


Figura 3.1.10 -Curva de carga Grupo C [7]

Las curvas 3.1.4 y 3.1.10 referidas a alumbrado público coinciden, debiéndose a que el encendido de las luminarias depende de la salida y de la puesta del sol.

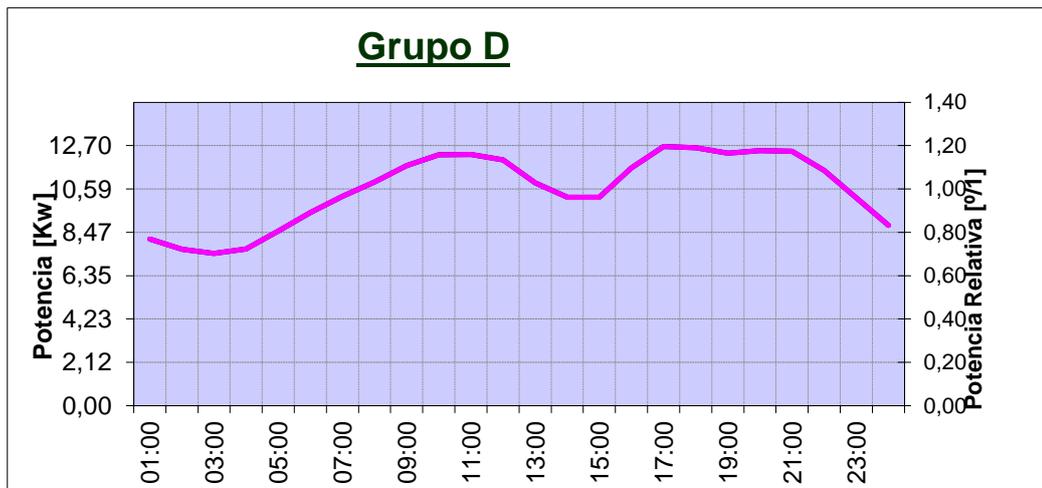


Figura 3.1.11 - Curva de carga Grupo D [7]

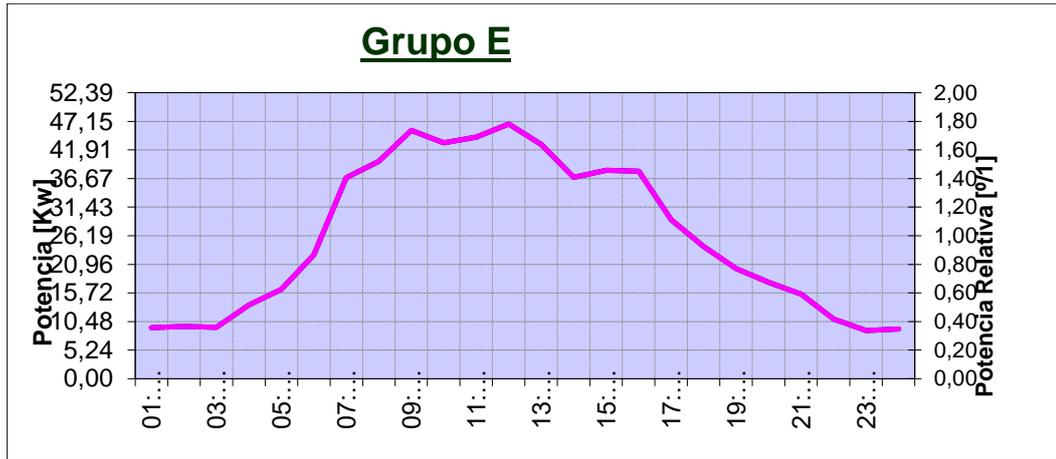


Figura 3.1.12-Curva de carga Grupo E [7]

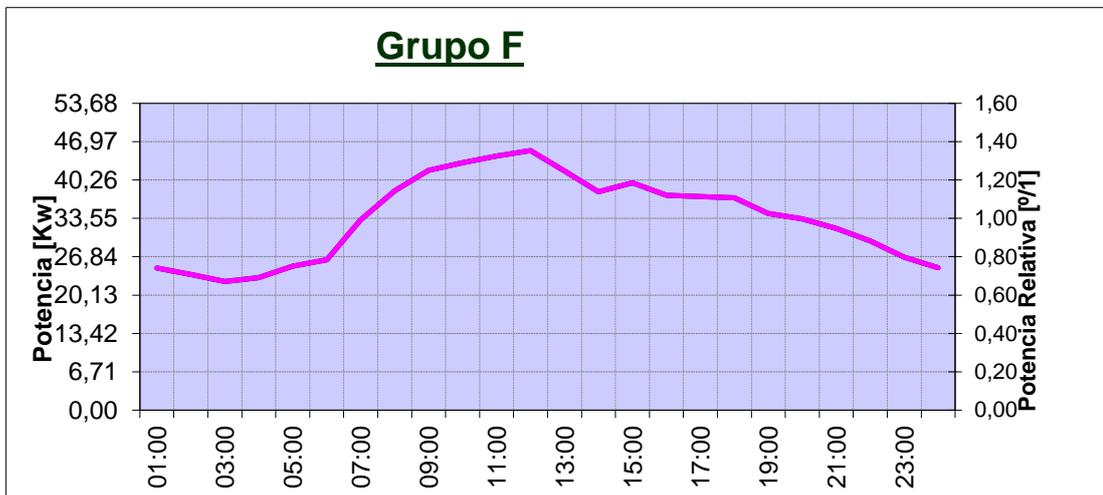


Figura 3.1.13 - Curva de carga Grupo F [7]

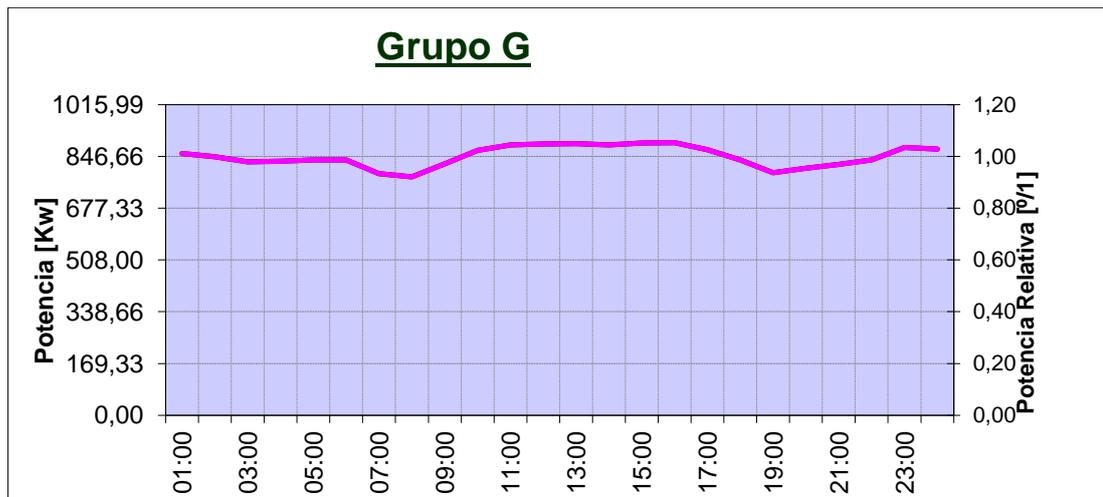


Figura 3.1.14 - Curva de carga Grupo G [7]

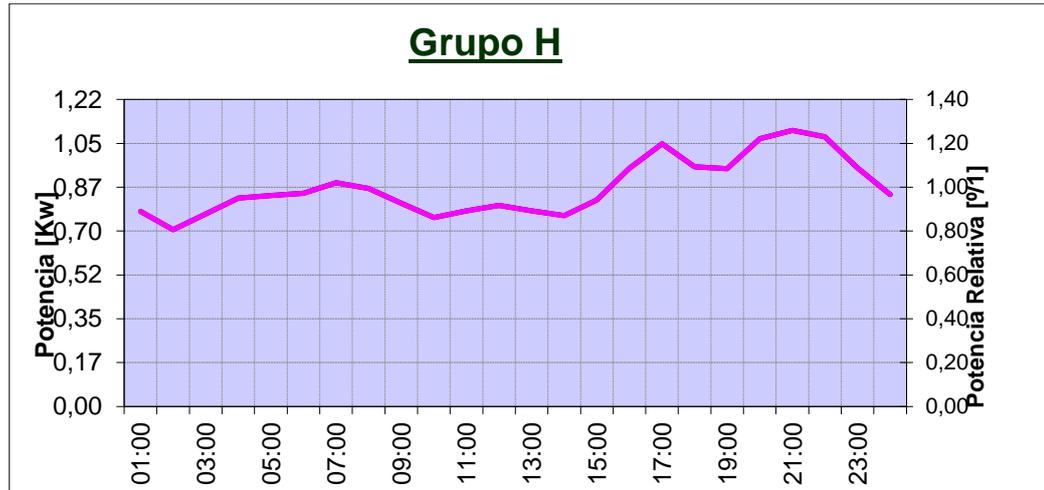


Figura 3.1.15 - Curva de carga Grupo H [7]

La mayoría de los trabajos encontrados internacionalmente, cuando se refieren a medianos y grandes consumidores los llaman industriales. Este tipo de consumidor puede ser completamente diferente de una industria a otra, por lo tanto cuando se hace referencia a industriales se suele especificar a qué industria se hace referencia. En el proyecto que obtiene las curvas de carga correspondientes a las tarifas T2BT, T3BT, T2MT y T3MT, los resultados corresponden al promedio de diversas industrias siendo está la principal razón de la diferencia entre las curvas del trabajo realizado en Cuba y las del realizado para FEDECOBA.

Finalmente, de las curvas relevadas de las ciudades bonaerenses se calculan coeficientes y factores de interés para las empresas distribuidoras de energía como potencia media, factor de carga, factor de pérdidas, tiempo de utilización, tiempo equivalente, factor de participación de pico, factor de participación de valle, factor de participación de resto y factor de coincidencia interno.

Puesta en común de trabajos anteriores

Dada la posibilidad de acceder a los resultados obtenidos por una empresa local que investigó para cada una de las tarifas mencionadas, la curva de carga que describen, se las utilizó en el ejemplo de cálculo en el capítulo 5. Las curvas obtenidas en tal proyecto consideran mediciones realizadas en Azul, Benito Juárez, Bolivar, Carmen De Areco, Dorrego, Las Flores, Madariaga, Navarro, Pigüé, Pringles, Punta Alta, Trenque Lauquen y Tres Arroyos. Con lo cual, la muestra tomada para estimar las curvas ofrece alta confiabilidad en los resultados. En adición, estas localidades se encuentran muy próximas a la ciudad de Balcarce, lo que conlleva a que las costumbres en su forma de vida, factores climáticos, salida y puesta de sol coincidan.

Los trabajos encontrados presentaron resultados muy buenos en sus respectivos estudios con lo cual sería un error desestimar las curvas de carga en los mismos. Estas curvas de carga tendrían gran aplicación de ser utilizadas en las zonas donde se determinaron. Con lo cual quedan a disposición de quien eventualmente las requiera.

En definitiva se utilizaron para el cálculo en la ciudad de Balcarce las curvas obtenidas en el proyecto “PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE CARGA Y LOS FACTORES K_i DE DISTRIBUIDORES MUNICIPALES”.

Se destaca que las curvas elegidas como representativas para cada tipo de tarifa influirán en gran medida sobre los resultados y la curva puede variar con los años, y demás determinantes del comportamiento de los consumidores. Es por esto, que se optó por hacer que la metodología sea flexible a estos cambios, es decir que permite cambiar las curvas utilizadas en la medida que se obtengan otras más precisas.

2 Artículo “Pérdidas eléctricas en las Cooperativas y Empresas de distribución”

La obtención de las curvas de carga a partir del consumo de los clientes, no tiene en cuenta las pérdidas debidas al efecto Joule por la resistencia de las líneas y los transformadores. Estas pérdidas son dependientes del cuadrado de la corriente, de la longitud del tramo que es recorrido por esa corriente y como la metodología planteada considera el cálculo de corriente en un punto a la vez, no es posible la determinación de las pérdidas las redes. Es decir, la determinación de las pérdidas exactas de las redes está fuera del alcance de este proyecto siendo posible su determinación mediante la simulación de la misma realizando un flujo de carga. El análisis de flujo de carga, que realiza iteraciones en la red considerando la longitud en los tramos, resistencia e inductancia de la línea y pérdidas fijas y variables en los transformadores, lo que conlleva a una posible propuesta de un futuro trabajo (ver Capítulo 6 punto 2).

En el caso de poder encontrar una metodología para determinar las pérdidas en las redes, solo se estarán determinando las pérdidas técnicas, es decir, no se estarán considerando las no técnicas que devienen, en la mayoría de los casos, de fraude. Con lo cual, para considerar en el cálculo la energía referida a pérdidas, se deben realizar estimaciones.

Este artículo tiene por finalidad informar acerca de las pérdidas que presentan las compañías y cooperativas de distribución de electricidad en Argentina. Las pérdidas que se mencionan son tanto técnicas como no técnicas.

Los resultados conseguidos son valorables por el tamaño de la población a considerar para realizar el estudio, siendo de 30 empresas distribuidoras en el país y de las 83

cooperativas con más de 5000 usuarios. Además se hace mención a los Grandes Usuarios Mayores (GUMAs), Grandes Usuarios Menores (GUMEs) y Grandes Usuarios Particulares (GUPA) que compran directamente en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y el Mercado Eléctrico Mayorista Patagónico (MEMSP) los cuales utilizan las instalaciones de transporte de la distribuidora local, remunerando a esta mediante la figura de Función Técnica de Transporte. De esta forma el artículo nos pone en contexto de que las empresas y cooperativas de distribución demandan aproximadamente el 76% de la electricidad total del MEM y el MEMSP y el 24% restante es demandado por los GUMAs, GUMEs y MEMSP.

Por las investigaciones realizadas y en concordancia con este artículo, se ha observado la disminución de pérdidas tanto técnicas como no técnicas a partir de la privatización de las empresas. Con ello llegaron nuevas inversiones en las redes y controles de fraude que con los años llegaron a que las pérdidas en promedio desciendan un 50%. Se hace hincapié en que las cooperativas distribuidoras de energía eléctrica por lo general no presentan pérdidas no técnicas, la energía no facturada es netamente debida al efecto Joule. Además al constantemente invertir en las redes, se consigue que las pérdidas en promedio para las cooperativas rondan un 10%. En la figura 3.2.1 se enumeran las cooperativas de distribución de electricidad en la provincia de Buenos Aires, seguida de la figura 3.2.2 que muestra sus respectivas pérdidas técnicas y no técnicas.

Provincia	Departamento	Nombre Cooperativa	
Buenos Aires	Zona Atlántica		
	Azul	Coop. de azul	1
	Balcarce	Coop de Balcarce	2
	Benito Juárez	Coop de B. Juárez	3
	General Juan Madariaga	Coop de General Madariaga	4
	Las Flores	Coop de Las Flores	5
	Municipio de la Costa	Coop de Mar de Ajo	6
		Coop de San Bernardo	7
	Necochea	Coop de Necochea "Sebastián de María"	8
	Olavarría	Coop de Olavarría	9
	Pinamar	Coop de Pinamar (de Agua y Luz)	10
	Tandil	Coop de Tandil (Usina Pop. y Municipal)	11
		Coop de Tres Arroyos	12
	Villa Gesell	Coop de Villa Gesell	13
	Zona Norte		
	9 de Julio	Coop de 9 de Julio, Mariano Moreno	14
	Bolívar	Coop de Bolívar	15
	Carmen de Areco	Coop de Carmen de Areco	16
	Chacabuco	Coop de Chacabuco	17
	Colón	Coop de Colón	18
	General Viamonte	Coop de General Viamonte	19
	Luján	Coop de Luján	20
		Coop de Monte	21
		Coop de Navarro COPESSA	22
	Pelujó	Coop de Pelujó	23
Pergamino	Coop de Pergamino	24	
Rojas	Coop de Rojas	25	

Figura 3.2.1 – Cooperativas de la provincia de Buenos Aires enumeradas [8]



Figura 3.2.2 – Porcentaje de pérdidas para cada cooperativa de distribución eléctrica [8]

Los datos se pudieron obtener mediante fuentes que pertenecen a las organizaciones y no de forma directa ya que es información privada.

El artículo luego hace referencia a los métodos empleados por las compañías para poder disminuir las pérdidas no técnicas de las que se destacan las siguientes [8]:

- Modernos Sistemas de Gestión Comercial.
- Actualización de la base de datos de facturación.
- Incorporación paulatina de usuarios a la transacción comercial.
- Procedimiento de hurto y fraude.
- Construcción de redes de distribución menos vulnerables a la intervención no autorizada.
- Cambio de medidores obsoletos.
- Cambios de medidor con funcionamiento deficiente, estimación de consumos.
- Control, reparación y contraste de medidores retirados de servicio.
- Revisión de servicios con medidor retirado
- Normalización de pilares
- Normalización de situaciones comprobadas de hurtos
- Inspecciones a usuarios con antecedentes de fraude
- Revisión de consumos no estándar o inconsistentes
- Revisión de consumos (seguimiento de la evolución histórica)

- Revisión de servicios suspendidos
- Retiro de acometidas en servicios cortados
- Normalización de barrios carenciados
- Retiro de acometidas al momento de la suspensión del servicio
- Actualización facturación estimada de Alumbrado público y semáforos
- Control del alumbrado público
- Inspecciones por rubros
- Inspecciones por zonas
- Determinación de pérdidas por área
- Inspecciones periódica en puestos de medición en grandes usuarios

Esto prueba que con los años, el porcentaje de pérdidas disminuirá aún más siendo las pérdidas técnicas las de mayor relevancia. Por lo tanto, no solo se deberán estimar las pérdidas según la localidad e historial de las mismas, sino que también, se debe dar la posibilidad de actualizar tal estimación.

3 Factor de potencia, su importancia en el cálculo

Este proyecto parte de los registros de energía demanda por los clientes, es decir los kWh consumidos, mensuales o bimensuales según el tipo de cliente. Por lo tanto en los registros, solo se considera la potencia activa demandada lo que deriva en que las curvas de carga obtenidas sean solo de potencia activa.

Al considerar solo la potencia activa, en el cálculo de la corriente circulante en la red se está cometiendo un error. La corriente por fase en una red de media tensión (13,2[kV]), se calcula como muestra la expresión 3.3.1.

$$I[A] = \frac{S[kVA]}{\sqrt{3} \cdot U_L[kV]} = \frac{\sqrt{(P[kW])^2 + (Q[kVAr])^2}}{\sqrt{3} \cdot 13,2[kV]} \quad 3.3.1$$

En el caso de considerar nula la potencia reactiva (Q), la potencia aparente (S) es igual a la potencia activa (P), como se muestra en la figura 3.3.1.

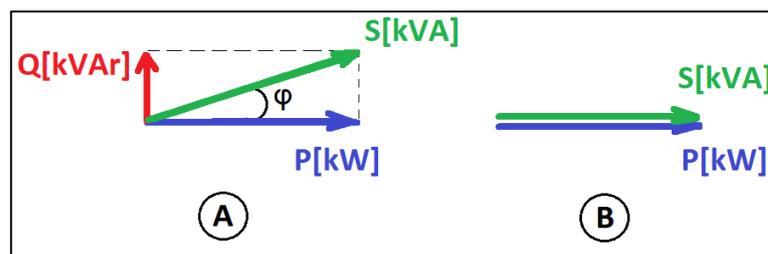


Figura 3.3.1 – Diagrama de potencias con potencia reactiva y sin potencia reactiva

La última figura muestra que al no considerar la potencia reactiva, la potencia aparente es menor con lo cual, la corriente también lo es.

Por estas razones se determinó que es necesario para el cálculo suponer una determinada curva de potencia reactiva para cada curva de potencia activa. La forma más práctica de conseguirlo es asignar a cada curva de un tipo de consumidor un factor de potencia esperado.

Como se observa en la Figura 3.3.1, al ir aumentando la potencia reactiva, el factor de potencia ($\cos \varphi$) es más lejano a la unidad lo que conlleva a corrientes más elevadas y por lo tanto mayores pérdidas en las redes. Como la potencia reactiva de los clientes puede ser reducida por ellos mismos, las empresas de distribución exigen un valor de factor de potencia mínimo según el tipo de tarifa contratada. Es decir que suponiendo que cada cliente de determinada tarifa, se encuentra con el valor mínimo de factor de potencia, la corriente en las redes será la máxima posible. Por lo tanto, se determinó como referencia de factor de potencia que se utilicen los valores mínimos para generar las curvas de potencia reactiva con la consecuente corriente.

Suponiendo casos en los que el factor de potencia de los clientes sea conocido, es conveniente utilizar el valor real para que los resultados sean de mayor exactitud. Por lo tanto, se desarrollaron en la metodología herramientas que permiten el ajuste de este parámetro que será explicado en el punto 2.2 del capítulo 4.

A pesar de estas suposiciones, vale destacar que los resultados serían orientativos debido a que el factor de potencia en muchos casos es menor al valor mínimo establecido por las empresas por las empresas distribuidoras para sus clientes. Sumado a esto, el factor de potencia es un parámetro que puede cambiar en el transcurso del día, con lo que al solo suponer un valor de factor de potencia se induce en un error.

4 Principales herramientas y definiciones de AutoCAD MAP como plataforma GIS

AutoCAD MAP digitalización de redes en sistemas georreferenciados

El software AutoCAD MAP es ampliamente utilizado en sistemas de información georreferenciada. Los propósitos de estos sistemas son la captura, almacenamiento, edición, actualización, análisis y despliegue de todo tipo de información geográfica referenciada.

Considerando la necesidad de las empresas distribuidoras de contar con tales sistemas para la periódica entrega de informes a los organismos de control (OCEBA en Buenos Aires), se eligió como AutoCAD MAP como principal software para la resolución del problema siendo este el de más sencilla implementación en la Cooperativa Eléctrica de Balcarce debido a que la misma tiene desarrollada su plataforma GIS en AutoCAD MAP.

Para poder emplear tal software en la digitalización de redes y hacer uso provechoso de los datos asociados a los objetos de dibujo, primero hay que conocer algunas definiciones como las siguientes [3]:

Objeto de dibujo: cualquier entidad gráfica en un dibujo o en un mapa digital, tales como líneas, polilínea, arco, texto o punto.

Atributos: información textual asociada con uno o más objetos del dibujo.

Topología: relaciones matemáticas entre grupos de nodos, arcos, y polígonos que tienen relación entre sí.

Información espacial: información acerca de la localización y forma de entidades geográficas y la relación entre estas entidades.

Análisis Espacial: el proceso de extracción o creación de nueva información a partir de un juego de datos geográficos.

Consulta: una herramienta para extraer datos de uno o más dibujos fuentes. Se define un criterio para la consulta de la información a seleccionar de cada dibujo fuente.

Digitalización: es un método para convertir información en papel a información digital.

AutoCAD MAP utiliza el concepto de “proyecto” para controlar múltiples mapas y juegos de datos al mismo tiempo. El “proyecto” contiene vínculos al grupo de dibujos elegidos por el usuario, así como las consultas guardadas, vínculos a bases de datos externas entre otros parámetros (Figura 3.4.1). Esta metodología busca hacer una administración de la información más eficiente al no tener que abrir todos los dibujos ni ajustar parámetros en

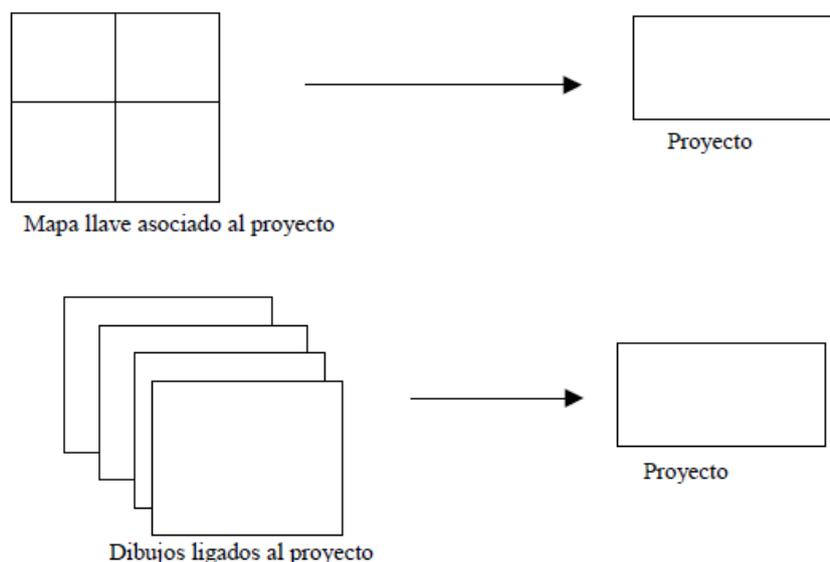


Figura 3.4.1 – Dibujos llave asociados al proyecto [3]

cada ocasión que se va a trabajar con el proyecto. Es decir que cuando se abre un proyecto, los mapas y datos se encuentran disponibles para su uso. Al realizar los dibujos, por lo tanto, se los puede trazar sobre el mapa de una zona en particular viendo con gran detalle las dimensiones del lugar, obstáculos físicos para el tendido de redes eléctricas y demás datos geográficos.

Los Datos de Objeto y las bases de datos externas permiten utilizar herramientas complejas dándole inteligencia a los mapas, para tomar decisiones o realizar análisis según la disposición espacial de los objetos.

Los datos de objeto pueden ser asociados con cualquier entidad en el mapa, tales como líneas (límites de predios), puntos (semáforos), áreas (distritos electorales). Se puede definir una tabla de datos de objeto con los nombres y tipos de datos de los campos para ese objeto. En la plataforma GIS que corresponde a la Cooperativa de Electricidad de Balcarce, se han creado tablas de Datos de Objeto como se observa en la Figura 3.4.2.

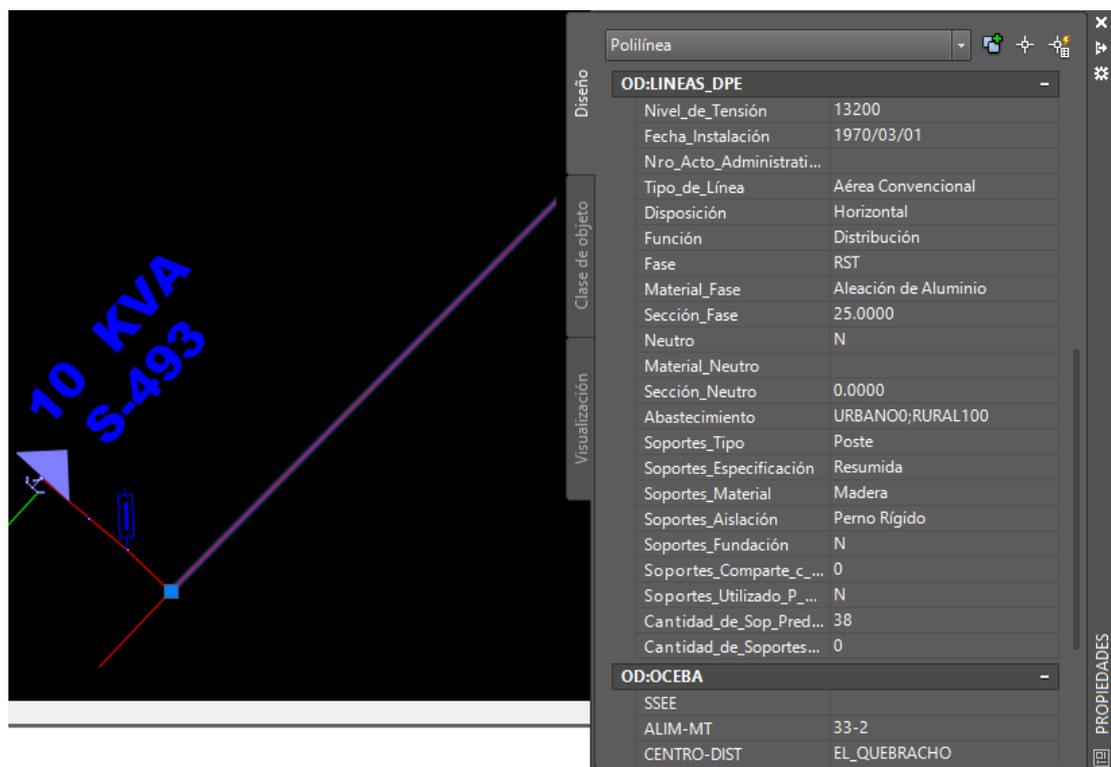


Figura 3.4.2 – Tablas de Datos de Objeto

En el caso de las redes eléctricas, estas tablas de Datos de Objeto son obligatorias como se explicó en la introducción de este proyecto. La Figura 3.4.2 muestra una polilínea seleccionada con dos tablas de Datos de objeto asociadas, llamadas LINEAS_DPE y OCEBA

que muestran los datos que son necesarios y exigidos para este tipo de objeto, que representa en este caso una línea eléctrica de 13,2[kV] de tensión de línea.

Digitalizar e importar información geográfica, frecuentemente resulta en errores, tales como líneas cortas, líneas que sobrepasan el punto donde deberían terminar, exceso de detalle en la información, incluyendo nodos intermedios y objetos duplicados. Utilizando las herramientas de limpiar dibujo, se puede remover este tipo de errores del dibujo en forma manual o automática.

Tipos de Errores en los dibujos:

Líneas Cortas y Líneas pasadas – objetos que se encuentran dentro de un rango de tolerancia una de otra pero no se tocan

Líneas Colgantes – objetos con al menos un punto final que no es compartido con otro objeto

Líneas que se Cruzan – Objetos que se cruzan uno con otro sin un nodo de intersección

Nodos Agrupados – Nodos que se encuentran dentro de un radio de tolerancia uno de otro

Objetos Duplicados – Objetos que comparten el mismo punto de inicio y punto final

La limpieza de dibujos es un proceso en el que se resuelven de uno a dos defectos del dibujo a la vez, siendo estos removidos manual o automáticamente.

Existen tres formas de realizar el proceso de limpieza:

- Identificar todos los errores, marcar cada error, y corregir los problemas usando los comandos de edición o amarres.
- Identificar todos los errores, examinar cada error, y corregir los problemas con las opciones de limpieza de AutoCAD Map (Pegar, Romper, etc).
- Identificar un tipo de error, corregirlo automáticamente, moverse a otro tipo de error, corregirlo y así hasta finalizar la limpieza.

En la Figura 3.4.3 se muestra como acceder al menú de limpieza del dibujo.

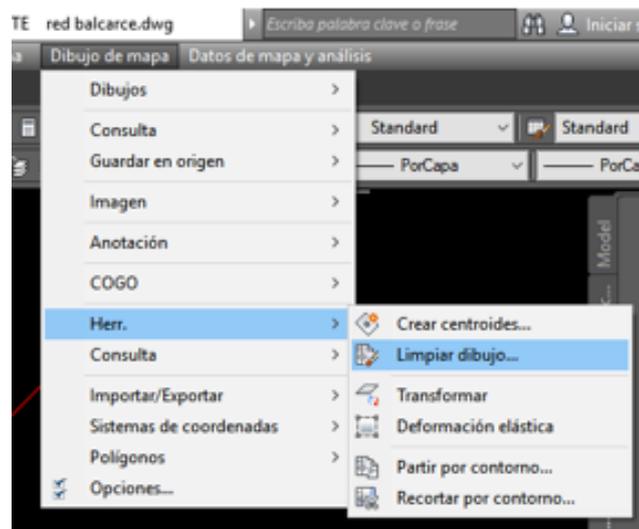


Figura 3.4.3 – Acceso a la limpieza del dibujo

Al seleccionar esta opción, se crea un cuadro de diálogo que permite elegir sobre que capas realizar la limpieza y en qué zonas del dibujo. Luego, al avanzar en el proceso, se elige los errores a considerar y demás características de cada error para no confundir errores con objetos bien dibujados. Por último, el menú permite elegir si se desea modificar los objetos originales o conservar los originales y los nuevos o eliminar los originales y crear nuevos objetos (Figuras 3.4.4, 3.4.5 y 3.4.6).

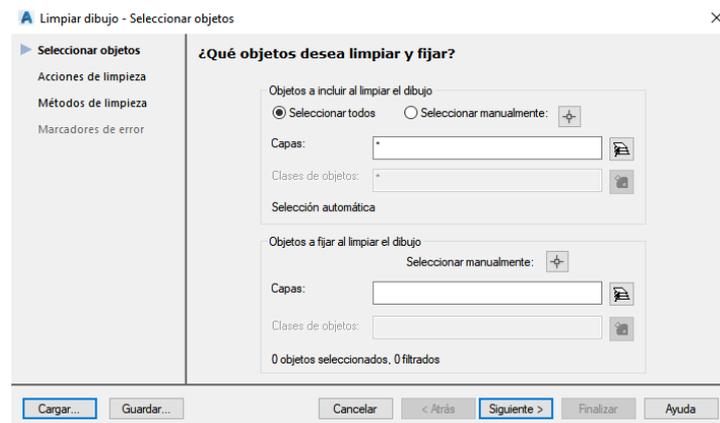


Figura 3.4.4 – Proceso de limpieza 1

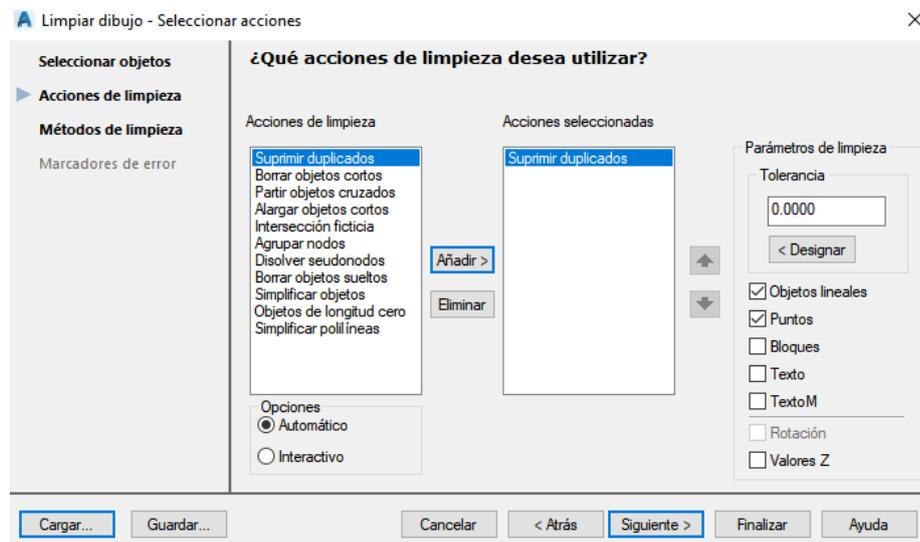


Figura 3.4.5 - Proceso de limpieza 2

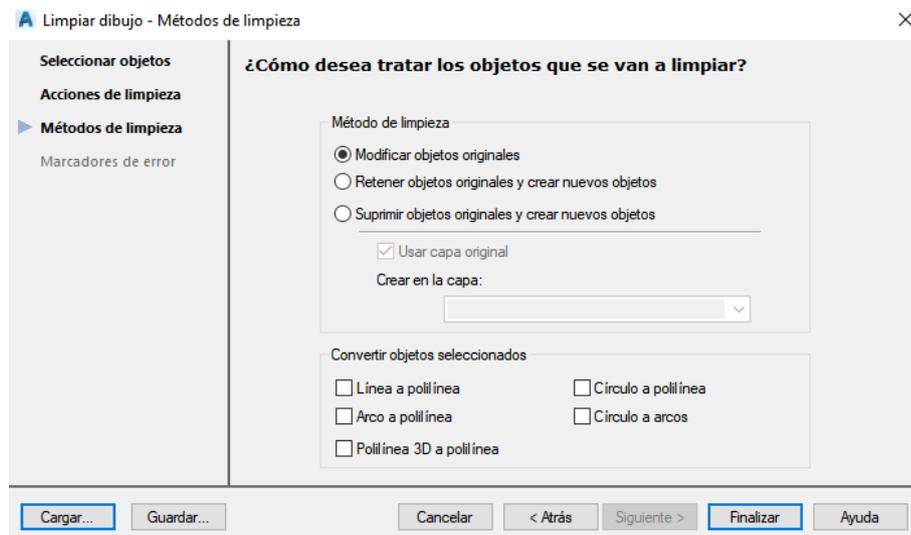


Figura 3.4.6 – Proceso de limpieza 3

La cantidad de información en una plataforma GIS es en la mayoría de los casos elevada por lo que AutoCAD Map desarrolló herramientas que ayudan a la organización y actualización de datos que suelen estar disponibles en bases de datos. Una base de datos es un método eficiente de almacenar tablas de información. Por medio de AutoCAD Map, estas pueden ser fácilmente visualizadas y ligadas a un dibujo. La información de bases de datos ligada es uno de los requerimientos para usar un GIS como una poderosa herramienta de análisis y presentación, y hacer que la información de GIS sea más accesible. En la figura 3.4.7 se muestra la base de datos ligada a los usuarios de la red de Balcarce.

Visor de datos - usuarios

Archivo Edición Ver Formato Registros Vínculos Resaltar Ayuda

Plantilla de vínculo: usuarios

DISTRIBUIDORA	CODCLIE	MEDIDOR	DIRECCION POSTAL	DIRECCION SUMINISTRO	NRO	TARIFA
A4	100	1952953	Calle 10 Jose de La Cuadra 1041 Balcarce	Calle 10 Jose de La Cuadra	1041	T1R
A4	200		Calle 12 Primero de Mayo 387 Balcarce	Calle 12 Primero de Mayo	387	T1R
A4	201	4119	Calle 14 352 Balcarce	Calle 14	352	T1R
A4	400		Calle 27 Mariano Moreno 338 Balcarce	Calle 27 Mariano Moreno	338	T1R
A4	800	71	Av. Juan Kelly 654 Balcarce	Av. Juan Kelly	654	T1G
A4	902		Calle 13 Juan Manuel Fangio 1080 Balcarce	Calle 13 Juan Manuel Fangio	1080	T1R
A4	1101		Calle 6 Combate de Montevideo 569 Balcarce	Calle 6 Combate de Montevideo	569	T1R
A4	1102	21	Av. Aristobulo Del Valle 399 Balcarce	Av. Aristobulo Del Valle	399	T1G
A4	1103		Calle 6 Combate de Montevideo 569 Balcarce	Calle 6 Combate de Montevideo	569	T1R
A4	1400	10210722	Calle 4 Tucuman 479 Balcarce	Calle 4 Tucuman	479	T1R
A4	1500	877	Calle 18 Dardo Rocha 888 Balcarce	Calle 18 Dardo Rocha	888	T1R
A4	1600	65	Av. Rene Favaloro (ex Uriburu) 827 Balcarce	Av. Rene Favaloro (ex Uriburu)	827	T1R
A4	1700	3273249	Calle 21ing Jose D Errecaborde 968 Balcarce	Calle 21ing Jose D Errecaborde	968	T1R
A4	1702		Calle 15 Jose Garibaldi 1164 Balcarce	Calle 15 Jose Garibaldi	1164	T1R
A4	1703		Calle 9 Alte. Guillermo Brown 229 Balcarce	Calle 9 Alte. Guillermo Brown	229	T1R
A4	1900		Calle 24 Lucas Kraglievich 386 Balcarce	Zona La Movidiza	1	T4
A4	1901		Calle 17 Bartolome Mitre 537 Balcarce	Av. Juan Kelly	994	T1R
A4	2000	1986215	Calle 16 A. Gonzalez Balcarce 763 Balcarce	Calle 16 A. Gonzalez Balcarce	763	T1R
A4	2002		Av. Gonzales Chaves 327 Balcarce	Av. Gonzales Chaves	327	T1G
A4	2100	3	Calle 13 Juan Manuel Fangio 724 Balcarce	Calle 4 Tucuman	902	T1R
A4	2400	1849298	Calle 6 Combate de Montevideo 438 Balcarce	Calle 6 Combate de Montevideo	438	T1R
A4	2500		Calle 12 Primero de Mayo 896 Balcarce	Av. Caseros	345	T1RE
A4	2502		Calle 12 Primero de Mayo 896 Balcarce	Av. Caseros	345	T1GE
A4	2600		Calle 10 Jose de La Cuadra 365 Balcarce	Calle 10 Jose de La Cuadra	365	T1R

Registro 8 de 20181

Figura 3.4.7 – Planilla vinculada a los usuarios de la red de Balcarce

Para entender en la forma en que estos datos se ligan a objetos de dibujo, primero es necesario conocer cierta terminología:

Tabla: es una parte de una base de datos con una estructura hecha de renglones horizontales o registros con columnas verticales definiendo los elementos de datos. Cada columna tiene un tipo específico de datos, tales como enteros, decimales, caracteres, etc.

Ambiente: las bases de datos se organizan de forma diferente a los dibujos, por lo tanto se necesita un grupo especial de comandos para ligar una base de datos, y visualizar o editar su información. El ambiente consiste en el software de manejo de datos (DBMS) tales como Acces, DBASE u Oracle donde los usuarios y programas pueden acceder a las bases de datos. Los ambientes son parte de una estructura que incluye catálogos, esquemas, y tablas.

Catálogo: se refiere a la ruta del directorio donde se encuentra la base de datos.

Esquema: se refiere al subdirectorío del catálogo donde se encuentran las tablas de la base de datos.

Con estas definiciones se llega a la *liga* que es utilizada por AutoCAD Map para conectar objetos en un dibujo con información en una base de datos. Consiste en una plantilla de liga (Link Template) y un valor de la columna llave en la base de datos. Una plantilla liga es una dirección de 5 componentes, que consiste del ambiente, catálogo, esquema, tabla y columna llave, y es almacenada como dato de objeto con cada objeto del dibujo ligado [3].

Como se mencionó previamente, en el capítulo 4 se desarrolla como se extrae información de los objetos del dibujo siendo esta información perteneciente a bases de datos externas.

Dentro de las hipótesis de este trabajo, se presume que las empresas distribuidoras de energía, por disposición de la DPE, cuentan con al menos una plataforma GIS. Siendo las topologías la base de los sistemas GIS debido a que permiten la realización de análisis de los mapas con funciones tales como análisis de redes y análisis espacial.

Existen tres tipos de topologías: de nodos, de redes y de polígonos. En este trabajo el enfoque recae en la creación de topologías de redes que son sistemas de interconexión de Nodos y Segmentos (vínculos). Los segmentos (vínculos) son objetos que conectan dos puntos en el mapa. Cada segmento tiene un punto de inicio y un punto final. Estos segmentos representan las líneas eléctricas de la red de distribución. En definitiva, una topología de redes es un sistema que describe como series de segmentos conectados se relacionan unos con otros. Estos segmentos inician y terminan con nodos, y los nodos forman la intersección entre dos o más segmentos [3].

Antes de crear topologías, es necesario asegurarse de que no existan errores en el dibujo. Si se encuentran nodos agrupados, líneas duplicadas, objetos insuficientes estos deben ser eliminados para la correcta creación de topologías. Para conseguirlo se realiza limpieza del dibujo de la misma forma que se explicó previamente en este capítulo.

En una topología de red, la dirección del movimiento es relativa al nodo inicial y final que son creados con la topología. Uno de los tres valores de dirección posibles es asociado con cada segmento en la topología. Los valores que pueden tomar son 1 en donde la dirección del movimiento es en el sentido que el segmento fue creado, -1 donde el movimiento es posible en el sentido contrario al que fue creado el segmento y 0 que permite el movimiento hacia ambos lados. Por ejemplo, en la figura 3.4.8 se observa que la dirección definida es 0 (hacia ambos lados). Además se le asignó al segmento valores de resistencia al movimiento, es decir, se le asignó un valor a la fuerza necesaria para que exista movimiento en ambas direcciones.

Campo de datos	Valor
ID	8
START_NODE	1
END_NODE	3
DIRECTION	0
DIRECT_RESISTANCE	199.8026
REVERSE_RESISTANCE	199.8026

Figura 3.4.8 – Información de Topología de Red [3]

Para crear topologías se debe presionar el click derecho sobre el ítem “Topologías” que se encuentra en el Panel de tareas dentro de la pestaña Explorador de mapas. Al hacerlo, se escoge la opción “Crear...” o ejecutar el comando _MAPANTOPONET y se abre un menú como el que muestra la Figura 3.4.9.

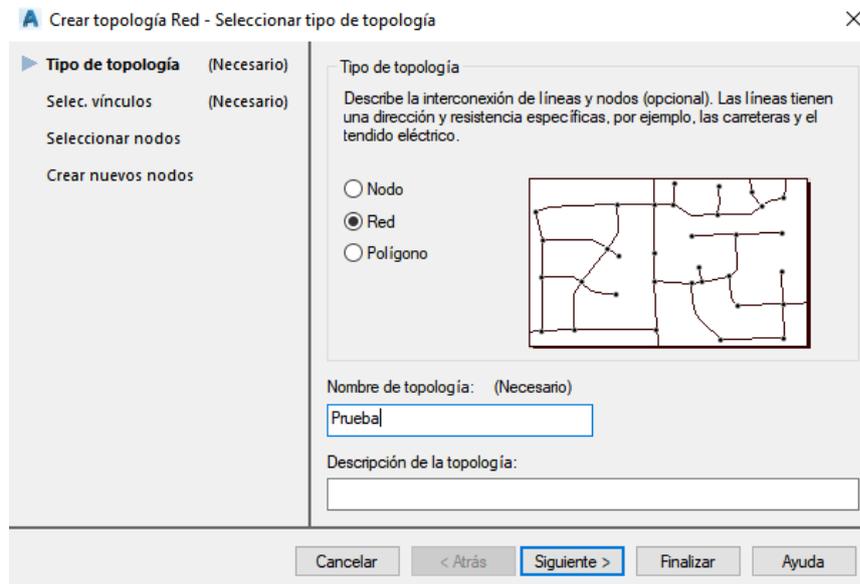


Figura 3.4.9 – Crear topología, tipo de topología

En este menú se define el nombre y tipo de topología que en este caso corresponde a una topología de red. En la figura 3.4.10 se observa el siguiente paso que consiste en seleccionar los elementos que estarán vinculados para conformar la topología tales como capas involucradas y las distintas clases de objetos.

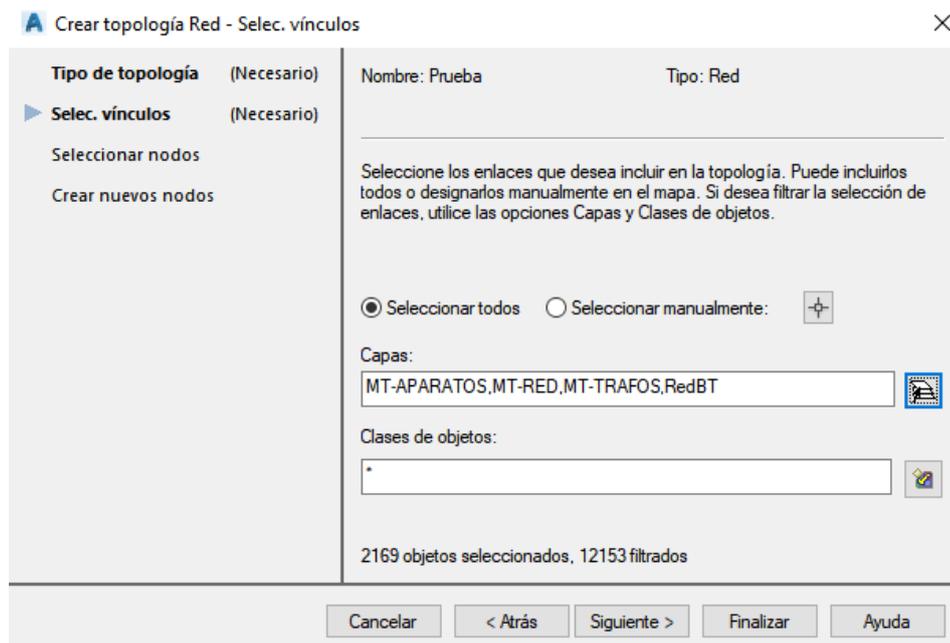


Figura 3.4.10 – Crear topología, Selección de vínculos

El próximo paso consiste en seleccionar los nodos a considerar en la topología (Figura 3.4.11).

Figura 3.4.11 – Crear topología, Seleccionar nodos

Por último, de ser necesario, se crean nodos en el principio y fin de cada segmento involucrado en la topología creada (Figura 3.4.12).

Figura 3.4.12 – Crear topología, crear nuevos nodos

La creación de topologías es una herramienta esencial en la resolución del presente proyecto. Por medio de ellas se pueden vincular los clientes que se deseen de toda una red. A continuación se muestra otra herramienta llamada análisis de Red que parte de la previa creación de una topología. Un Análisis de Red puede ser de distintas formas:

Ruta óptima: se seleccionan dos puntos pertenecientes a una topología, se asignan valores de resistencia máxima y resistencia de nodos para finalmente encontrar la ruta optima desde un punto inicial hasta uno o más puntos intermedios, y la vuelta al punto de partida y de ser deseado resaltarla creando una nueva topología con un nuevo nombre.

Ruta más corta: se seleccionan dos puntos pertenecientes a una topología, se asignan valores de resistencia máxima y resistencia de nodos para finalmente encontrar la ruta más corta en longitud de segmentos y de ser deseado resaltarla creando una nueva topología con un nuevo nombre.

Trazado de flujo: recorre la red en todas direcciones sumando la resistencia de cada vínculo y cada nodo, y se detiene cuando la suma alcanza la resistencia máxima y al igual que en los casos anteriores se puede resaltar trazado de flujo y crear una nueva topología.

La metodología hace uso de la herramienta análisis de red con trazado de flujo de una forma particular que se describirá en el capítulo 4. En cuanto a la forma convencional de realizarlo, en la figura 3.4.13 se muestra que al presionar el botón derecho sobre una topología aparece la opción análisis y dentro de ella se ingresa a análisis de red.

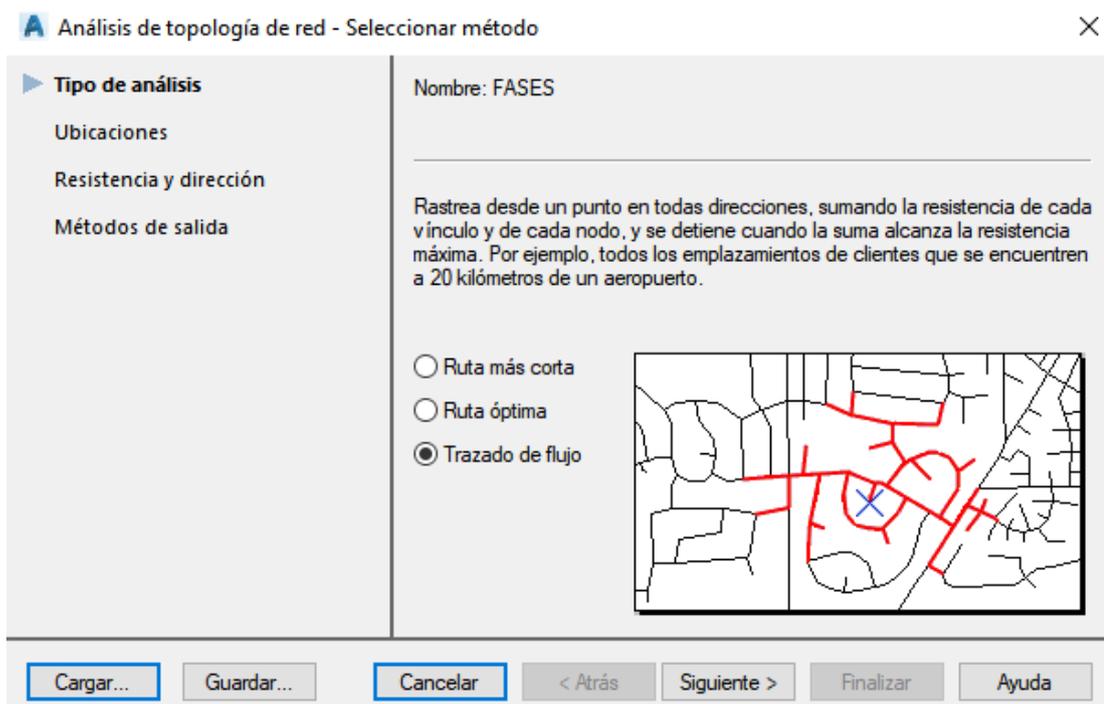


Figura 3.4.13 – Análisis de Red, selección del tipo de análisis

En la figura se muestran las opciones de análisis de red disponibles ya descritas. Continuando el análisis, se define el punto donde comenzar a realizar el trazado de flujo que puede indicarse por teclado o indicándolo directamente en el dibujo (Figura 3.4.14).

Figura 3.4.14 – Análisis de Red, selección de punto de partida

Como describió anteriormente, al crear la topología se definió cuáles son los elementos que pertenecerán a la topología dentro de los cuales (en una red eléctrica) aparecen los seccionadores y aparatos de distintos niveles de tensión. Estos elementos tienen valores de resistencia que el análisis de red tendrá en cuenta a la hora de realizar el trazado de flujo, con lo cual para conseguir que el flujo se detenga en uno de estos aparatos de maniobra, se debe cambiar el valor de resistencia al valor máximo de resistencia establecido. En el siguiente paso del análisis de red se define el valor de resistencia mínima y máxima en el trazado (Figura 3.4.15).

Figura 3.4.15 - Análisis de Red, resistencia y dirección

Finalmente, avanzando en el proceso, se muestra la opción de resaltar el trazado de flujo y se da la opción de crear una topología de ese trazado (Figura 3.4.16).

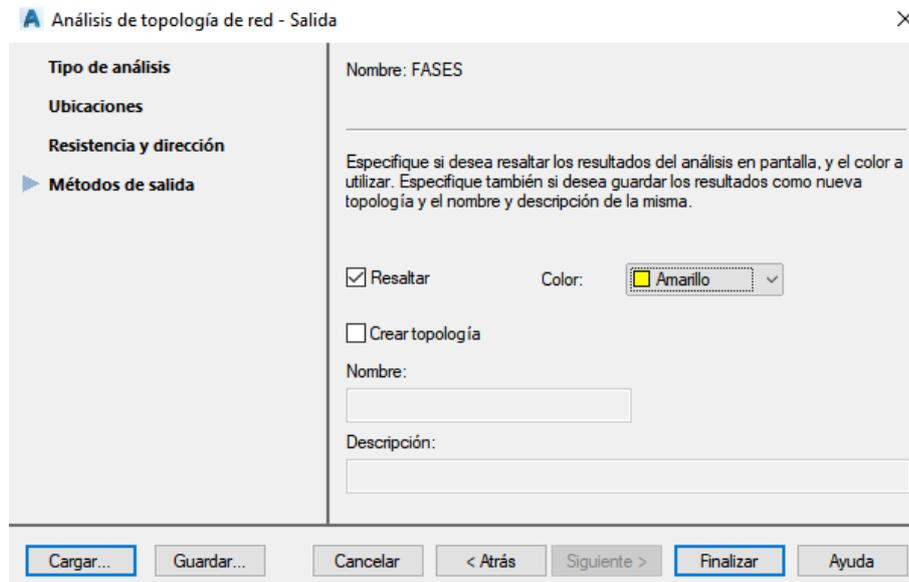


Figura 3.4.16 – Análisis de red, creación de topología y/o resaltado de trazado

Otra herramienta fundamental en el proyecto es la utilización de consultas. Las mismas, son definidas para seleccionar solo información que se desea de un dibujo siendo muy útil en dibujos con mucha información gráfica y de textos.

Vale destacar que existen dos tipos de consultas:

Consulta temática de Objetos – selecciona los objetos del dibujo y los despliega de acuerdo a sus propiedades, valores de atributos o valores de texto vinculado.

Consulta temática de topología – selecciona la información de la topología a ser desplegada. La forma de configurar ambas consultas es igual pero para realizar una consulta temática de topología se debe acceder a análisis (igual que en análisis de red) e ingresar en consulta temática. Las consultas temáticas de topología son claves en este proyecto por la capacidad de extraer información de objetos vinculados por la misma topología.

Una consulta es una solicitud de información con la que se puede obtener objetos de dibujo e información ligada de texto de los dibujos analizados. En la realización de consultas, se define en que se basa la misma, es decir se busca la información según localización, propiedades de objetos y datos asociados entre otras. Para definir una consulta, se usa la ventana de comandos y se ingresa `_ADEQUERY` abriéndose el menú mostrado en la Figura 3.4.17.

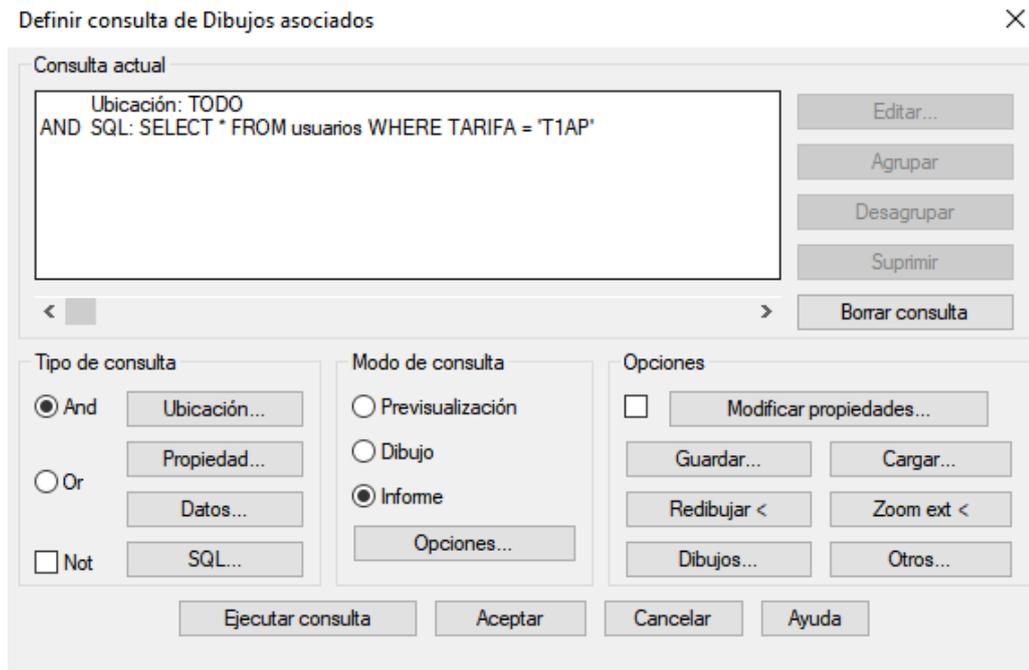


Figura 3.4.17 – Menú de consulta

Las consultas solicitan objetos de los dibujos fuente de acuerdo a distintas condiciones:

Localización – solicita información basado en la localización de los objetos en el dibujo fuente
Propiedades – Solicita información basado en las propiedades estándar tales como color, tipo de línea, capa, etc.

Datos – Solicita información basándose en valores contenidos en tablas de datos de objeto, atributos de block y campos llave en bases de datos externas.

SQL – Solicita información basado en valores contenidos en una base de datos externa.

Junto con la condición, una consulta contiene una acción que especifica cómo serán manipulados los objetos que cumplen con la condición. Existen tres modos de consultada que controlan el despliegue de los objetos.

Modo Vista Previa – Muestra una vista previa; los objetos no son copiados al proyecto en uso.

Modo Dibujo – Crea una copia de los objetos que cumplen con la condición al proyecto en uso, los objetos que ya existen en el proyecto no se copian.

Modo reporte – Crea un archivo delimitado por coma (CDF) con el resultado de la consulta.

De estos tres tipos de respuesta, el Modo reporte es el más importante en este trabajo. Para su configuración, se selecciona “Informes” y se ingresa en “Opciones...” abriéndose un nuevo menú como el que muestra la figura 3.4.18.

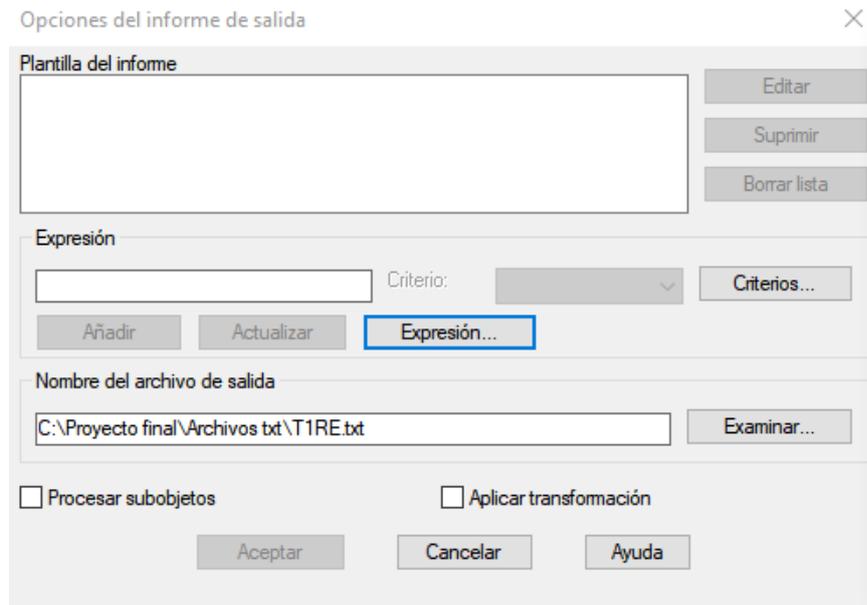


Figura 3.4.18 – Configuración de informe

En la última figura, se muestran botones que determinan cual es la información que se busca extraer. El botón “Criterios...” abre un nuevo menú en el que define un criterio para los resultados a escribir en el informe. Por ejemplo, si se quiere hacer un informe que contenga la palabra “mayor” por cada cliente que tenga un consumo mayor a 100[kWh], el criterio se encarga de comparar el consumo de cada cliente seleccionado en “Tipo de consulta” con 100[kWh] y si la respuesta es verdadera se exporta a un archivo de texto la palabra “mayor” por cada cliente seleccionado. En el ejemplo anterior, se describe el uso del menú “Criterios...” siendo este, otro filtro más específico para obtener la respuesta buscada en el informe. En cuando al botón “Expresión...”, se encarga de seleccionar cual es la información que se busca comparar (extraer en el caso de no haber definido un criterio) que para el anterior ejemplo es el consumo de los clientes. En las figuras 3.4.19 y 3.4.20 se muestran los menús de los dos botones mencionados. Por último en cuanto a informes, aparece la opción de seleccionar la carpeta en donde crear el archivo de texto y el nombre que se desee.

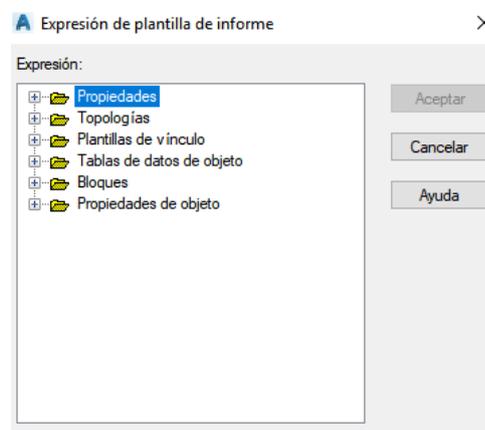


Figura 3.4.19 – Expresión de planilla de informe

En esta figura se observa la amplia capacidad de exportación de datos, disponiendo de datos referidos a propiedades, topologías, planillas de vínculo, bloques, tablas de datos de objeto y propiedades de objeto.

Figura 3.4.20 – Criterios, definición de tabla de valores

La figura 3.4.19 muestra que los criterios creados pueden ser guardados como “tablas de valores”. Consiste en comparar los valores de la expresión esperados y en función al valor de expresión informar un nuevo valor.

Dentro del cuadro “Opciones” en el menú principal de la consulta, se tiene la posibilidad de:

Modificar propiedades actuales - Se pueden utilizar propiedades de los objetos tales como color, tipo de línea y texto y modificar el despliegue de la información resultante de una consulta sin afectar la información de los dibujos fuente.

Guardar - cuando se desea utilizar una consulta en forma reiterada se la puede guardar en dos formas:

- Interna – Salvar la definición de la consulta en uso con el proyecto. Este método almacena la consulta en formato interno que puede ser modificada en el proyecto.
- Externa – Salvar la consulta en un archivo. Se puede editar el archivo usando un editor de texto o agregar otra expresión o declaraciones de AutoLISP. Se puede cargar la consulta y ejecutarla en este u otro proyecto.

La utilización de consultas guardadas en forma externa es otra herramienta de mucho alcance por la posibilidad de combinar consultas en un mismo archivo QUERY para luego cargarlas y ejecutarlas a la vez. En la figura 3.4.21 se muestra el menú que permite gradar las consultas interna o externamente.

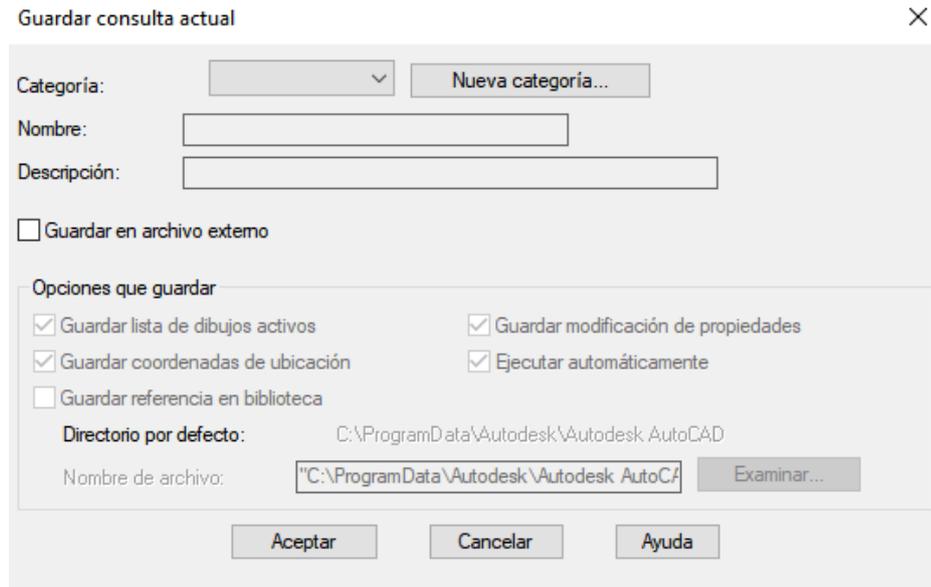


Figura 3.4.21 – Salvar consulta

Como señaló, los archivos que crean al guardar las consultas son archivos QUERY, con la particularidad de utilizar lenguaje VLISP. Este lenguaje, tiene una lógica de programa diferente a la que presenta el otro software a utilizar en este proyecto (MATLAB) y es por ello que en los que en los siguientes capítulos no se observara concordancia entre sus estructuras.

Además vale destacar que AutoCAD Map utiliza comandos para todas sus herramientas en lenguaje VLISP, por lo en el capítulo 4 se mostrará la forma en la que se aprovecha el guardado de consultas para crear comandos.

5 Funciones de MATLAB, generación de aplicaciones y tránsito de datos

El software de MATLAB, es una herramienta de excelencia en cuanto a la resolución de problemas matemáticos tanto por la exactitud del cálculo como la simplicidad que presentan sus comandos y su estructura en general. Por esto, entre otras razones, es que se eligió como el software que se encargue de transformar las lecturas de medición de energía en una curva de carga que englobe a todos los clientes de distintas tarifas que puedan pertenecer a la red.

Para la programación en MATLAB es de gran importancia conocer comandos y estructuras de programa que permitan cargar los datos de forma espontánea, permitiendo así, actualizar los resultados, realizar cálculos entre matrices, sus columnas o filas y reordenarlas entre otras operaciones.

Entre los numerosos comandos que ofrece MATLAB, para el desarrollo del presente trabajo se destacan: **load(A)**: función que permite cargar variables de un archivo "A" en el

espacio de trabajo. Esta función al cargar datos pertenecientes a un archivo de texto permite la comunicación entre distintos software.

Otra función de estas características es **textscan(filename, encoding, del_sym, eol_sym, wb)**: Lee cadenas Unicode de un archivo y las envía a una matriz de celdas de cadenas. Filename es el nombre del archivo a decodificar, encoding es el tipo de codificación que tiene el archivo, del_sym es el símbolo del delimitador de columna en código numérico ASCII, eol_sym permite elegir el símbolo del delimitador de fin de línea en código numérico ASCII y wb muestra a la barra de espera si wb = 'waitbar'. La importancia de esta herramienta en la lectura de archivos provenientes de AutoCAD Map se describe en el siguiente capítulo. El otro paso en la comunicación entre software es la exportación de datos que se consigue por medio de las siguientes dos funciones:

fopen('resultado.txt','w') se encarga de abrir un archivo (en este caso “resultados.txt”) y con la letra “r” o “w” se determina si el archivo se abre para lectura o escritura respectivamente y se guarda en una variable.

fprintf(fileID,'%6.2f\r\n',Horario): toma una variable generada por la función anterior (en este caso la variable se llama fileID), se define con “%6.2f” la cantidad de decimales después de coma y antes de ella, “\r\n” indica que luego del número se pase a escribir en la fila siguiente del archivo y “Horario” es una variable que contiene el número que se quiere escribir en el archivo.

Dentro de las herramientas operacionales se describen:

max(A): función que entrega el valor numérico máximo de una matriz columna o matriz.

trapz(x,y): función que calcula el área de bajo de la curva formada por una serie de puntos x e y.

size(A): entrega el valor en una matriz el tamaño de la matriz “A”. Ej.: [2,1] matriz de 2 filas y 1 columna.

En el procesamiento de datos muchas veces es necesario seleccionar entre un dato u otra, para estos casos la función que utilizó fue **if , else**: compara dos valores variables del tipo carácter o numérico y si la compara resulta ser verdadera entonces se ejecutan las funciones que se encuentran “dentro del if” y el caso de que la comparación sea falsa se ejecutan las funciones “dentro del else”.

Para tener comunicación con un operador se deben crear cuadros de dialogo interactivos. En estos casos se utiliza:

inputdlg(prompt,title,dims,def_ans) esta función genera un cuadro de dialogo en la que prompt define el tema al que apunta el cuadro de dialogo, title es el título que tendrá el mismo, dims especifica la altura de cada campo de edición cuando es un valor escalar. Cuando dims, es una matriz, el primer valor de cada elemento de la matriz define la altura de campo de

edición. El segundo valor en cada elemento de la matriz establece el ancho del campo de edición. Finalmente, Def_ans asigna un valor predeterminado a cada campo.

Los software de cálculo por lo general utilizan matrices o vectores para realizar operaciones matemáticas manteniendo los datos ubicados en sus respectivas ubicaciones. Para poder acceder a ellos se los suele recorrer con la siguiente función:

for i=1:1:n : ciclo for, repite una serie de operaciones “n” veces comenzando el conteo en i=1 en escalones de 1. Lo que se busca es que la variable “i” sea un elemento de la matriz o vector y por cada ciclo se ingrese a una nueva ubicación para poder trabajar con los datos guardados en ella.

MATLAB es ampliamente conocido por la facilidad con la que se pueden generar gráficas siendo estas muy útiles para mostrar resultados, curvas o realizar comparaciones. Las funciones para conseguirlo son:

subplot(4,4,1): permite tener en una misma figura varios gráficos. Los primeros dos números determinan el número de áreas que conforman la figura y el ultimo determina en cual o cuales áreas se posicionará la siguiente gráfica. En este caso, la figura generada contaría con 16 áreas (4x4) y el grafico actual se ubicará en el área 1.

plot(x,y,'-^','linewidth',2): genera una gráfica con los valores de x e y, los símbolos -^ indican que la línea del grafico será continua y en cada punto habrá un marcador en forma de triángulo, linewidth abre la posibilidad de modificar más aspectos de la línea, en este caso el espesor siendo de 2.

Creación de archivo ejecutable

Parte importante de la metodología es poder combinar las herramientas que ofrecen MATLAB y AutoCAD MAP. Para conseguir esto, se describe a continuación como se generó un archivo ejecutable que contiene la programación realizada en MATLAB. El comando que se empleó para transformar el archivo de extensión .m se llama deploytool que abre un cuadro de dialogo como el que se observa en la Figura 3.5.1.

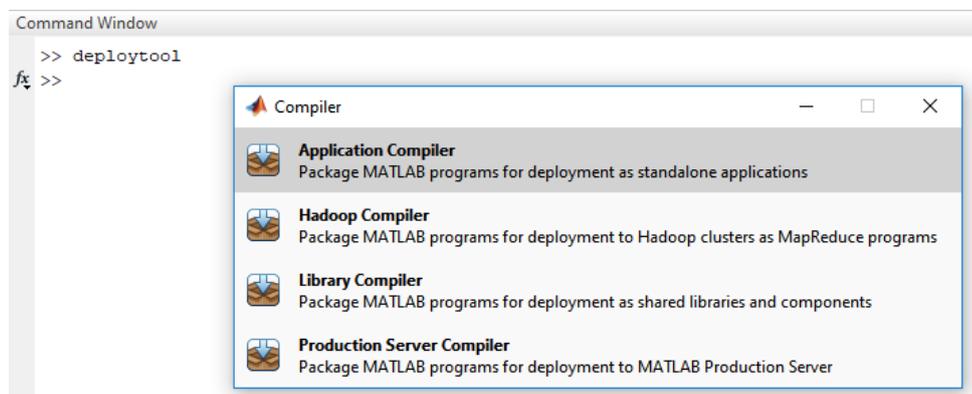


Figura 3.5.1– Función deploytool

Se clickeó la opción Application Compiler y se abre el menú de la Figura 3.5.2.

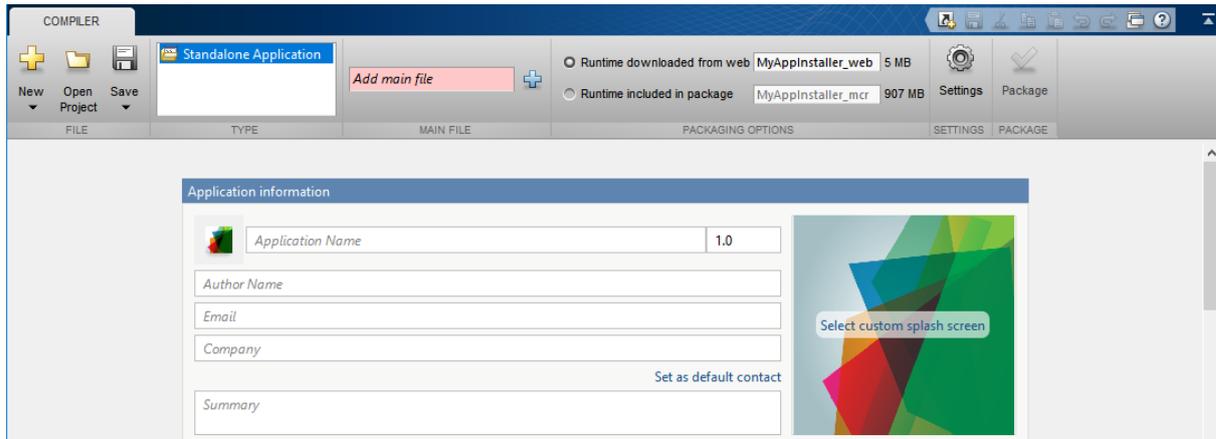


Figura 3.5.2– Menú de generación del archivo ejecutable

En este menú se selecciona Add main file para cargar el archivo M, en Application Name se asigna el nombre al archivo ejecutable, si se clickéa Runtime included in package se genera un archivo que al instalarlo permite la ejecución del programa sin necesidad de poseer el software MATLAB. Además se pueden configurar las imágenes del icono para el programa y la imagen a mostrarse durante su ejecución. El botón Settings permite elegir en que carpetas generar los archivos. Por último, si se recorre hacia abajo en el menú, pueden observarse otras configuraciones como se ve en la Figura 3.5.3.

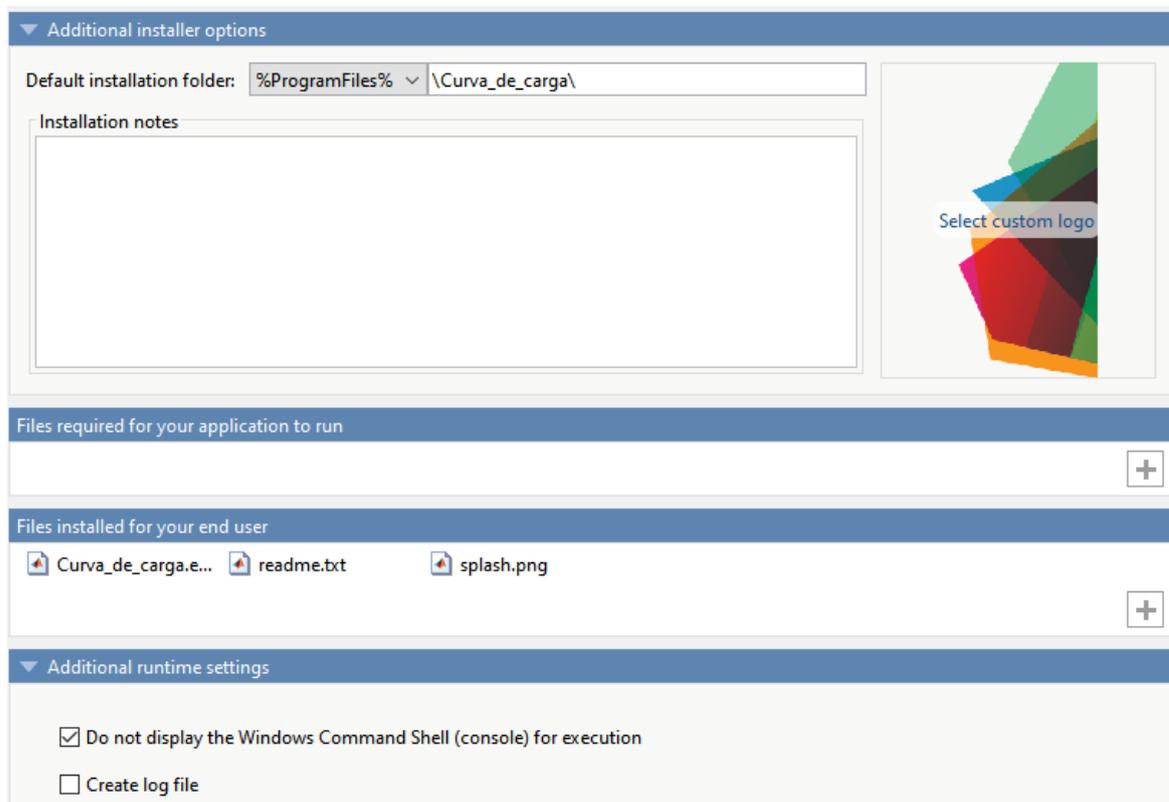


Figura 3.5.3 - Menú de generación del archivo ejecutable

Una vez que los parámetros se configuraron, se clickeó el botón Package y después de esperar un tiempo se creó el archivo ejecutable de nombre "Curva_de_carga.exe". Finalmente, se cortó el archivo ejecutable creado y pegó en la carpeta en la que se encuentran los archivos necesarios para su ejecución (Figura 3.5.4)

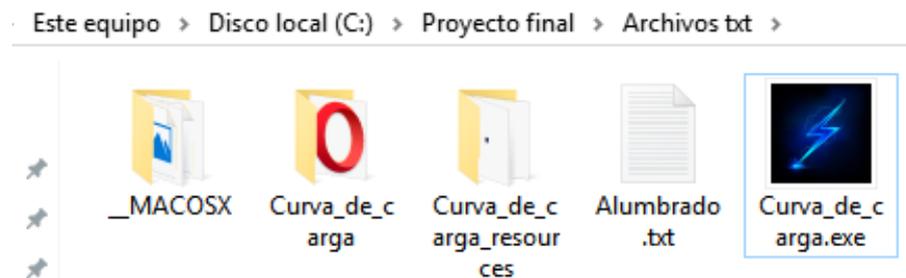


Figura 3.5.4– Icono del archivo ejecutable

En el caso de necesitar realizar algún cambio en la programación en MATLAB se debe abrir el archivo "Curva_de_carga.m", en editor cambiar lo que se considere necesario, guardar y luego seguir los pasos para la creación del archivo ejecutable que deberá tener el mismo nombre que el original.

IV Metodología

1 Introducción a la metodología

El desarrollo del proyecto comienza en el entorno de AutoCAD MAP, en donde se modela la red a analizar que corresponde a una zona rural, en gran parte, de la ciudad de Balcarce en la provincia de Buenos Aires, Argentina.

La modelización de la red permite visualizar los tramos de red con sus distintos niveles de tensión, estaciones transformadoras, equipos y accionamientos como seccionadores y la ubicación de los diversos usuarios entre otros elementos de la red. Una vez que se tiene la red modelada, se desarrollaron comandos en el entorno de AutoCAD MAP que, eligiendo un punto de la red a evaluar, realizan extracciones de la información que está asociada a los objetos que componen la red desde el punto analizado hasta los usuarios o consumidores de la energía eléctrica. Estos datos son exportados a archivos de texto con un cierto formato y codificación para luego ser recogidos por otro software, MATLAB.

Las herramientas desarrolladas con software MATLAB se encargan de ordenar los datos extraídos para luego realizar operaciones sobre ellos. Paralelamente a la lectura de archivos obtenidos del entorno de AutoCAD MAP, MATLAB toma información de una serie de archivos de texto que tienen la finalidad de que el beneficiario de este trabajo pueda realizar distintos ajustes como cambiar la forma de las curvas de carga representativas de cada tarifa o asignar un número de días para el periodo de facturación de cada tarifa representativo del promedio de días que se le facturan a cada cliente. Además, este software genera cuadros de dialogo con la finalidad de brindar más posibilidades de ajuste y así obtener resultados más precisos. En tales cuadros se solicita factor de potencia, porcentaje de pérdidas esperadas para la red y energía no considerada en los datos de la plataforma GIS. Finalmente, MATLAB muestra una figura con las curvas de carga que se obtienen de cada tarifa, las curvas de carga en potencia activa, reactiva y aparente y la curva de corriente diaria. Los datos correspondientes a los resultados son exportados a un nuevo archivo de texto, y cargados por el software grafico que los muestra en pantalla sobre la zona en cuestión con un porcentaje que describe el estado de carga de la red en el horario consultado. En el siguiente apartado se detallan cada una de las operaciones comentadas.

2 Desarrollo de la metodología

Este apartado describe con detalle cada paso de la metodología planteada. Además de desarrollar el procedimiento seguido para crear cada elemento de la metodología, se muestra el orden a seguir para obtener el estado de carga en las líneas eléctricas. La metodología se puede dividir en 3 importantes etapas: la primera pre procesamiento y análisis de la información en plataforma GIS, la segunda generación de curvas de carga en el entorno MATLAB y la tercera Importación y visualización de resultados en plataforma GIS. En la figura 4.1.1 se observan los pasos de la metodología desarrollada.

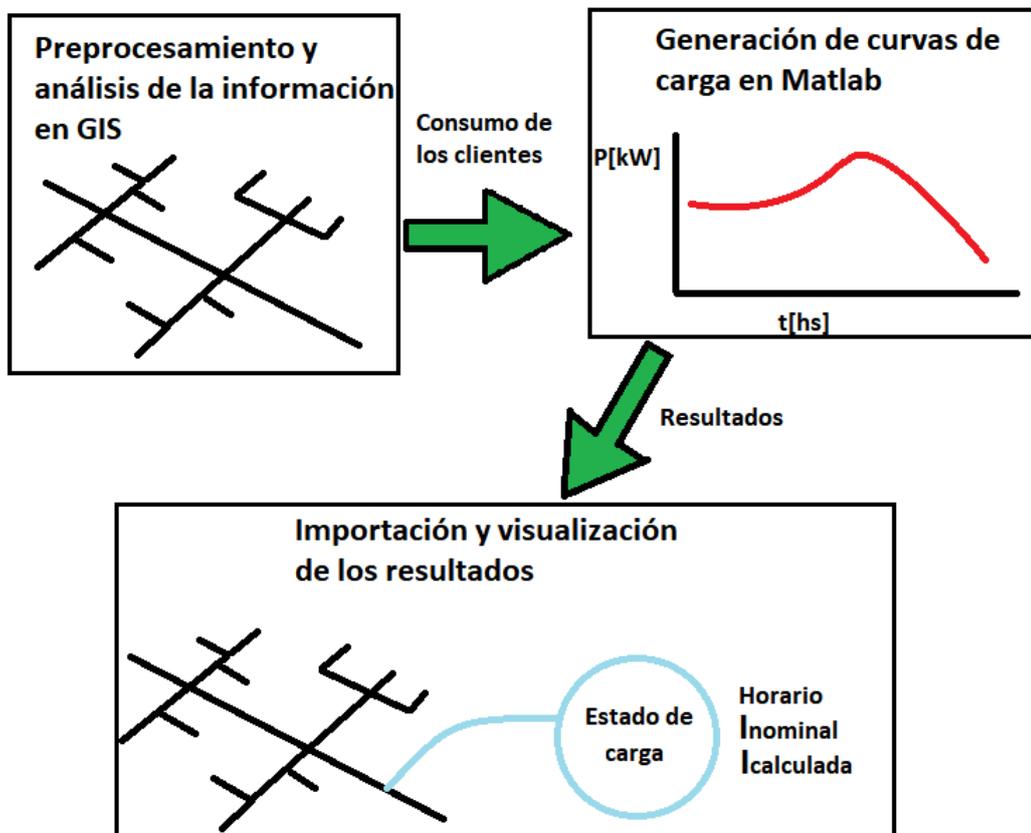


Figura 4.2.1 – Etapas de la metodología desarrollada

2.1 Pre procesamiento y análisis de la información en plataforma GIS

Entorno de AutoCAD MAP y digitalización de redes

Se dispone de un entorno gráfico que ofrece la visualización de la totalidad del tramo de red correspondiente a un sector de la localidad de Balcarce. En la misma se observan por colores los distintos niveles de tensión de la red siendo cian 33[kV], rojo 13,2[kV] y azul 380/220 [V]. Además se puede ver en la Figura 4.2.1.1 la presencia de los seccionadores con

la simbología que representa su estado (abierto o cerrado, Figura 4.2.1.2), al igual que transformadores y otros elementos con sus correspondientes textos.



Figura 4.2.1.1 – Seccionadores, transformadores y demás elementos digitalizados

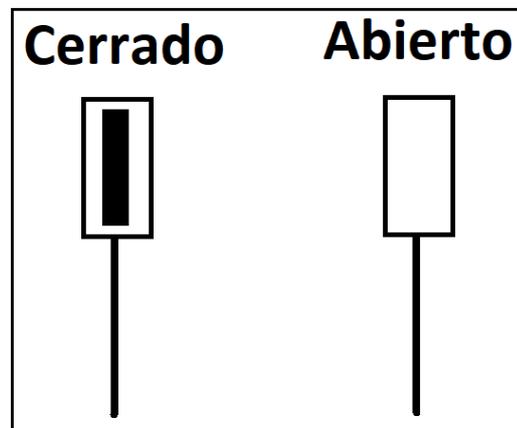


Figura 4.2.1.2 – Seccionador abierto y cerrado

Como se desarrolló en la introducción, las redes digitalizadas cuentan con una gran cantidad de datos asociados a los elementos. Cuando se trata de redes eléctricas, como ocurre en este caso, se solicitan aspectos técnicos específicos (Ver Anexo 1, “Aspectos técnicos de la información solicitada”, DPE 2009 disposición N°1922-09). En adición a lo anterior, el proyecto utiliza en el cálculo el consumo de energía de los clientes. Además, más adelante se muestra que otros datos como el tipo de tarifa contratada, la sección y material de los conductores son requeridos. En cuanto los primeros dos pertenecen a una base de datos externa que está vinculada a los objetos que representan a los usuarios en el dibujo.

Estos datos suelen actualizarse con frecuencia y es por eso que las compañías prefieren almacenarlos de esta forma siendo más ameno el proceso. Respecto a los datos técnicos, prácticamente no requieren de actualización por lo que normalmente se los asocia a los objetos por medio de tablas de datos de objetos.

Partiendo de la red digitalizada con sus correspondientes datos cargados, se procedió a su “limpieza” para poder crear la topología “FASES”. El término “limpieza” hace referencia a realizar correcciones sobre el dibujo como fue mencionado en el punto 4 del capítulo 3 al igual que la creación de topologías.

Los seccionadores, como el observado en la figura 4.2.1.2, toman un rol muy importante relacionado con el comando “_mapflood” que se desarrollará más adelante en este capítulo. Como se mencionó en el marco teórico, al crear topologías se pueden vincular seccionadores y cualquier tipo de elementos y asignarles un determinado valor de resistencia que es considerado en los trazados de flujo y creación de nuevas topologías. En cuanto a la operación sobre los seccionadores, se realiza manualmente y se desarrolla con más detalle en el capítulo 5.

Para la ejecución de la metodología se decidió crear una paleta (Figura 4.2.1.3) desde la que se ejecutan todos los comandos que hacen a la elección de lugares a analizar, configuraciones para el cálculo y muestra de resultados siendo cada uno de estos desarrollados en este capítulo.

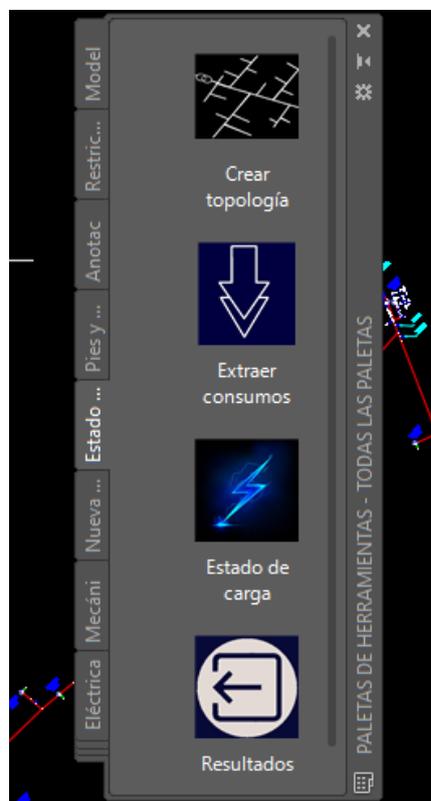


Figura 4.2.1.3 – Paleta de comandos creados en plataforma GIS

Generación de topologías de red y extracción de datos

Este proyecto busca determinar cuál es la corriente que circula en un punto de la red con lo cual, cualquier tramo que sea de interés analizar estará abasteciendo a una cantidad variable de clientes con distintas características según el punto que se seleccione de toda la red montada en la plataforma GIS. La metodología resolvió este primer problema con la utilización de topologías, el comando “mapflood” y la apertura o cierre de seccionadores. La función de la topología “FASES”, que contiene a toda la red, es la de poder realizar un análisis de red sobre con un trazado de flujo que sea limitado por la apertura de seccionadores. De esta forma se consigue relacionar a todos los clientes dependientes de un alimentador. A estas operaciones (sin incluir la apertura de seccionadores) programó en lenguaje LISP creando un comando llamado “CREAtopTEMPORAL” que se ejecuta por la ventana de comandos o a través del botón “Crear topología” ubicado en la paleta de herramientas. Como ocurre con este comando, los restantes, se han programado y detallan más adelante. Vale destacar que cada comando creado se encuentra dentro de un mismo archivo VLIST de nombre “ESTADO DE CARGA”. Este archivo debe ser cargado al dibujo para su utilización al igual que la paleta con las herramientas creadas, al menos cuando se utiliza esta metodología por primera vez (ver Capítulo 5).

Al inicio del archivo VLISP se configura la variable “ruta-informes” que tiene la función de asignar la dirección de búsqueda de archivos con el objetivo de que en el caso de posibles cambios en la dirección de las carpetas, con solo ajustar la variable, los comandos funcionaran correctamente.

(setq ruta-informes "C:\\Proyecto final\\Archivos txt") ;;; **se le asigna valor a la variable**

A continuación se detalla la programación utilizada en el comando seguida del procedimiento para la creación de la herramienta “Crear topología”:

```
1(defun c:CREAtopTEMPORAL()
2(setq ade_OSMODE_before_qry (getvar "OSMODE"))
3(setvar "OSMODE" 0)
4(setq topolo "FASES")
5(IF (tpm_acexist topolo )() (progn (alert "Debe crearse previamente la topología FASES")(cancel)))
6(SETQ NAME "TEMPORAL")
7(IF (tpm_acexist name )
8(progn (tpm_mnterase name)(prompt "Borrando Temporal \n"))
9(prompt "No es necesario Borrar la topologia Temporal \n"))
10(setq punto (getpoint "Indicar punto de Inicio de análisis: "))
11(command "_mapflood"
    topolo ;;nombre de la topología
    "_L" ;;método de selección de nodo inicial
    punto ;;Especifique punto
    "" ;;Introduzca la expresión de dirección (Datos/Sql/pordeFecto) <(null)>:
    "" ;;Describa la resistencia directa (Datos/Sql/deFecto) <(null)>:
    "" ;;Describa la resistencia inversa (Datos/Sql/deFecto) <(null)>:
```

```

    ""      ;;condicion
    ""
    "10000000" ;;Introduzca el valor máximo de resistencia
    "_y"      ;;mostrar gráfico
    "2"       ;;COLOR de visualización <2> AMARILLO
    "_Y"      ;; crea topologia
    "TEMPORAL" ;; nombre topologia creada
    ""       ;; DESCRIPCIÓN
    )
(setvar "OSMODE" ade_OSMODE_before_qry)
)

```

En la línea 1 se nombra el comando como “CREAtopTEMPORL”, luego siguen una serie de funciones que se aseguran de que exista la topología “FASES” que muestran un cartel de advertencia en el caso de no se encuentre activa o no exista y otras indicaciones en el caso que exista. Luego, uno de los carteles exige al operador que indique en qué punto quiere realizar el análisis guardando la coordenada del punto seleccionado en la variable “punto”. Seguido de esto, se ejecuta el comando “mapflood” que utilizado de la forma descrita en el capítulo anterior abriría un cuadro de diálogo para realizar las configuraciones pertinentes. En este caso, los valores asignables al comando son los que se encuentran junto a los textos en negrita a modo de comentarios.

Con la programación anterior lo que se consigue es una nueva topología de nombre “TEMPORAL” realizada a partir de “mapflood” que se resalta sobre la red en color amarillo. Esta topología, como se indicó previamente consigue la importante tarea de vincular a todos los elementos resaltados. Como análisis de red se realiza sobre la topología “FASES”, esta primera topología debe contener a todos los elementos que son de interés vincular a la hora de crearla. En cuanto al desarrollo de la paleta, AutoCAD dispone de herramientas simples de personalización, por ejemplo para crear este objeto, se consigue copiando y pegando un botón cualquiera en una nueva pestaña a la que se llamó “Estado de carga”. Luego se presionó el click derecho sobre el icono copiado para abrir un menú desplegable en que se define una nueva imagen para el icono y se le cambia el nombre (Figura 4.2.1.4).

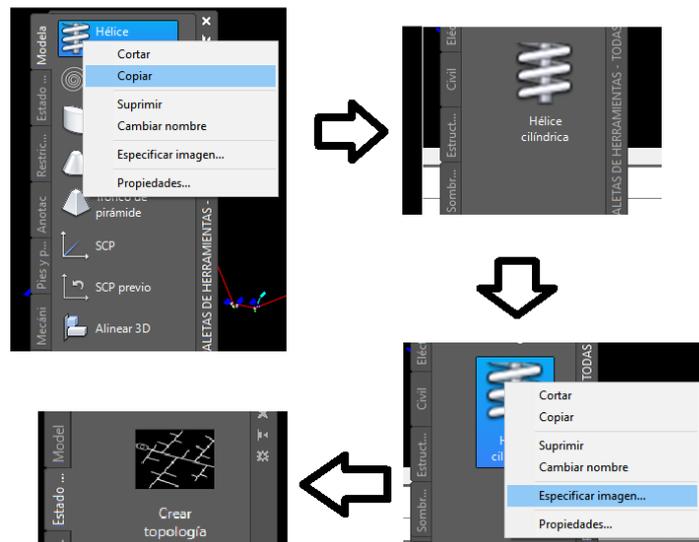


Figura 4.2.1.4 – Procedimiento en creación de herramienta “Crear topología”

Dentro del menú desplegable aparece la opción “propiedades...”, al entrar aparece un cuadro en el que también se puede ajustar el nombre del botón y un texto que explica su función. Además en la planilla “Comando”, en Cadena de caracteres, se llama al comando a ejecutarse cuando se usa el botón. En este caso se definió al comando como “CREAtopTEMPORAL” (Figura 4.2.1.5).

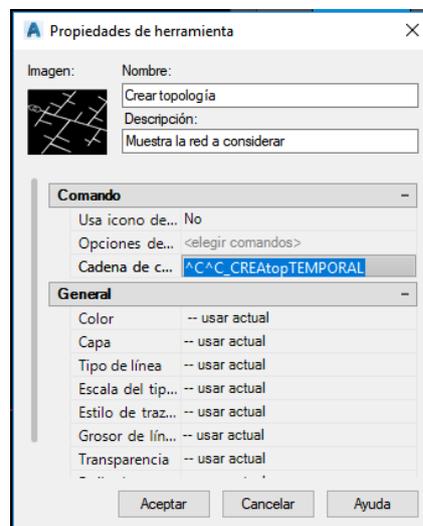


Figura 4.2.1.5 – Menú de edición de las herramientas

El uso de esta herramienta resalta en color amarillo los elementos vinculados avanzando en todas las direcciones que la red le permite hasta encontrarse con los finales de las líneas eléctricas o con seccionadores. Esto se debe a que la resistencia que poseen los nodos (nexo entre cada segmento que en conjunto conforman la topología) es nula por haberse definido así en la creación de la topología “FASES”.

Otra herramienta importante en esta primera etapa de la metodología es la extracción de datos. Los datos asociados a la red por tablas de datos o bases de datos externas pueden

ser consultados al punto de disponer de ellos en un informe mediante la realización de consultas como se explicó en el capítulo 3. A pesar de ello, la información de los usuarios que son abastecidos por el alimentador que el operador desee estudiar, no se encuentra vinculada entre ellos hasta el momento que se ejecuta la herramienta “Crear topología”. Perteneciendo los objetos a la topología “TEMPORAL”, se le puede realizar a la misma, una consulta temática de topología (es decir realizar una consulta que solamente se aplique a los elementos que componen la topología) y de esta forma acceder al consumo de energía mensual o bimensual de cada cliente involucrado en la determinación del estado de carga del alimentador seleccionado.

En la creación de informes con consultas temáticas de topología, los datos que se buscan son fundamentales en la determinación del estado de carga:

Tarifa: el conocer la tarifa contratada de cada cliente permite estimar cual es la forma en la el mismo demanda energía durante un día ordinario. Además es un dato que permite hacer una diferenciación entre los consumidores.

Consumo: la energía demandada por los clientes es representativa de la potencia y por ende de la corriente que circula por las redes. Es por ello que es esencial en el cálculo eléctrico.

Sección y material del conductor: estos datos son necesarios para poder determinar la corriente nominal del conductor y así compararla con la corriente calculada para conocer en qué porcentaje de la capacidad del alimentador se está operando.

Para acceder a estos datos primero se diseñaron los comandos que realizan tales acciones. En caso del consumo y de la tarifa, se utilizaron consultas temáticas de topología que se guardan de forma externa como se explicó en el capítulo anterior. Los archivos QUERY generados por las consultas, tienen lenguaje LISP y mediante el editor de este tipo de archivos de AutoCAD Map se realizaron los ajustes necesarios para crear un comando como se muestra más adelante. Entre los ajustes mencionados, el más importante es el agregado de otra consulta a la primera consiguiendo ejecutar más de una acción en un mismo comando. Se hizo uso de esto creando una consulta por cada tipo de tarifa, es decir que se extrajo el consumo de todos los clientes vinculados a la topología “TEMPORAL” pero los valores de energía se almacenaron en distintos archivos de texto (informes). Por ejemplo, el archivo T1R.txt contiene los valores de energía de los clientes que tienen esa tarifa contratada.

En cuanto a la ejecución de los pasos descritos, consultas temáticas se realizan sobre la topología a consultar que en este caso es la de “TEMPORAL” (Figura 4.2.1.6).

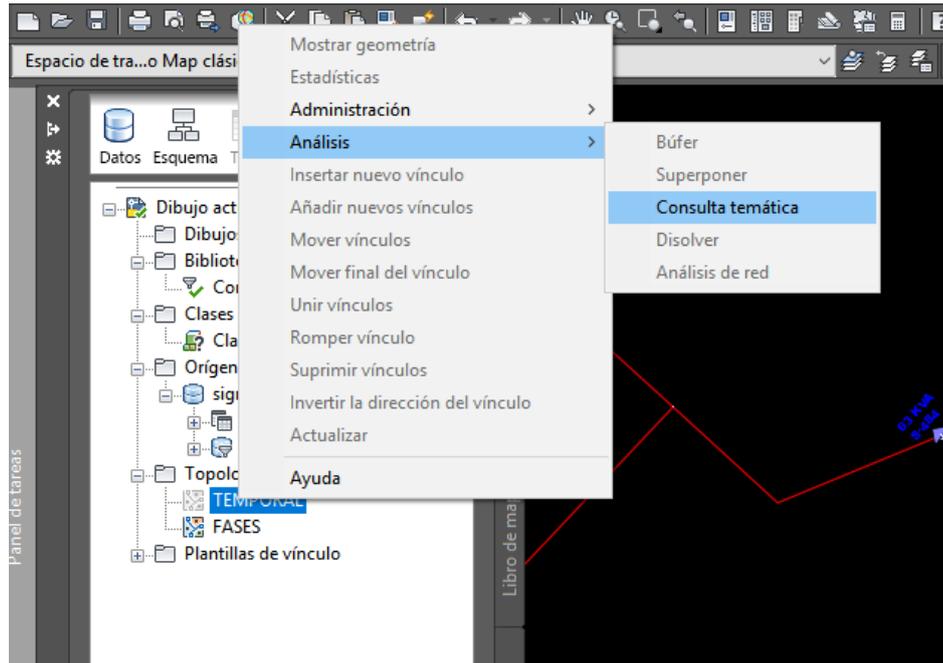


Figura 4.2.1.6– Consulta temática de topología

Al seleccionar la consulta temática se abre un cuadro de dialogo que permite definir la consulta y al ingresar a la misma se abre un nuevo menú idéntico al de una consulta ordinaria (Figura 4.2.1.7). En este último se define a la ubicación en donde realizar la consulta, eligiéndose el casillero “SQL...”, que despliega un nuevo menú (Figura 4.2.1.8) en donde se define de cuáles son los clientes a consultar su consumo, es decir que tarifa tienen que tener para ser consultados. Para conseguirlo, en la parte superior se selecciona el nombre de la planilla de vínculo que contiene el dato del tipo de tarifa. Más abajo se escribe la condición de búsqueda y se selecciona “Aceptar”. En este caso la ubicación corresponde a los usuarios que pertenezcan a la topología temporal. La configuración del informe se realiza de la misma forma que se mostró en capítulo 3, para lo cual en este caso, al archivo se lo llamó “T1R.txt”, se selecciona “expresión”, “planilla de vinculo”, “CONSUMO” y se añade a la plantilla del informe. Como resultado se consigue la creación de un informe en un archivo de texto con el consumo de energía.

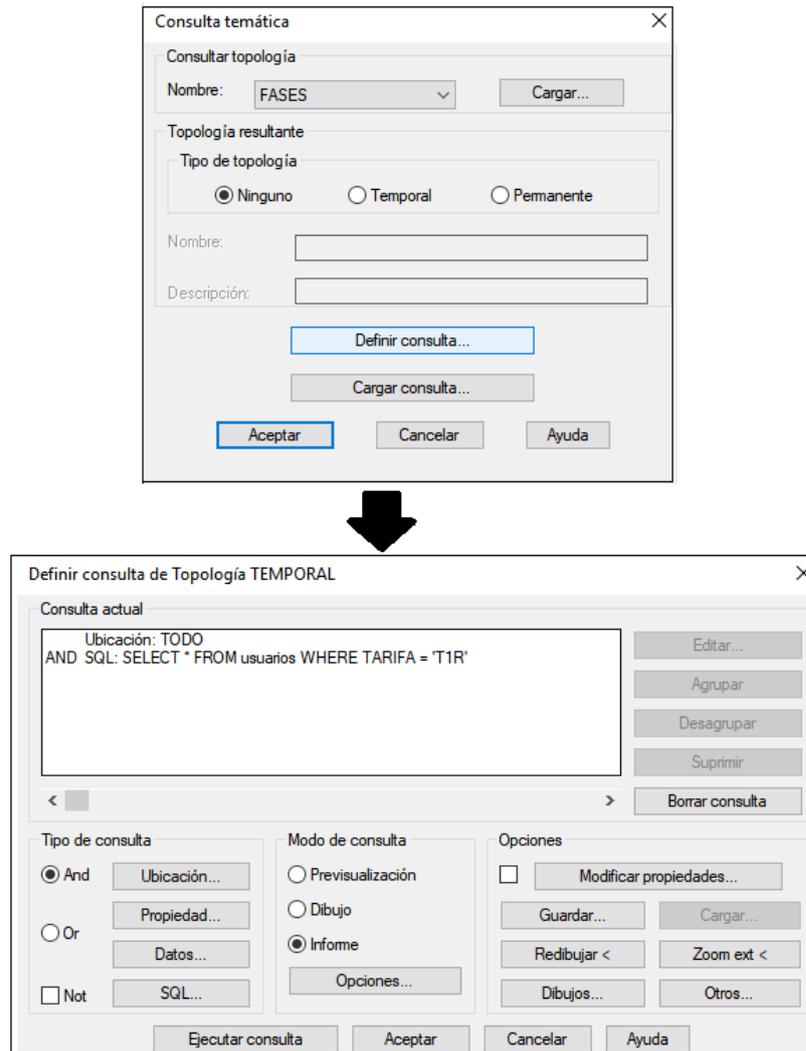


Figura 4.2.1.7– Diseño de la consulta

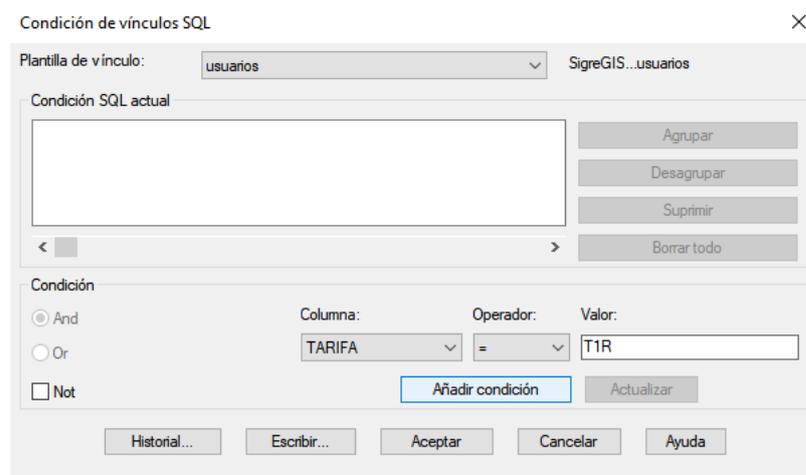


Figura 4.2.1.8 – Diferenciación de usuarios por tipo de tarifa

Luego, cuando se guarda la consulta, creandose el archivo con los comandos que se copian en el editor AutoLISP. Este procedimiento se realizó con todas las tarifas y al editarlas una tras la otra en el mismo bloque se obtuvo el comando “EXPORTA-MULTIPLE”.

Este comando genera los archivos de texto y guarda la información del consumo en los mismos. Lo que implica la necesidad de restablecer al valor cero, cada uno de los archivos de texto antes de ejecutar el comando, para no incorporar al cálculo, la energía de usuarios que no participan en la consulta actual. Para conseguirlo se realiza el mismo procedimiento que con la extracción de consumo con la diferencia de que en la ubicación se elige la propiedad de capa media tensión red y en el informe se solicita la extracción de la elevación siendo este un valor conocido e igual a cero. A continuación se muestra el comando que permite la extracción de consumo de los usuarios con tarifa T1R.

```
(defun c:EXPORTA-MULTIPLE() ;;; Nombre del comando
(setq ade_cmddia_before_qry (getvar "cmddia"))
(setvar "cmddia" 0)
(mapcar 'ade_dwgdeactivate (ade_dslist))
(setq ade_tmpprefval (ade_prefgetval "ActivateDwgsOnAttach"))
(ade_prefsetval "ActivateDwgsOnAttach" T)
(ade_prefsetval "ActivateDwgsOnAttach" ade_tmpprefval)
;;; Poner en cero
(ade_qryclear)
(tpm_acload "TEMPORAL")
(tpm_qrysettoponame "TEMPORAL")
(tpm_qrysetrestopo nil nil)
(ade_qrysettype "report" nil ".ELEVATION" (strcat ruta-informes "\\T1R.txt"))
(ade_qrysetretransform nil)
(ade_qrydefine '("" "" "" "Property" ("layer" "=" "MT-RED"))")
(ade_qrysetaltprop nil)
(ade_qryexecute)
(tpm_qrysetrestopo nil nil)
(setvar "cmddia" ade_cmddia_before_qry)
;;; Extracción del consumo
(ade_qryclear)
(tpm_acload "TEMPORAL")
(tpm_qrysettoponame "TEMPORAL")
(tpm_qrysetrestopo nil nil)
(ade_qrysettype "report" nil "&CONSUMO@usuarios" (strcat ruta-informes "\\T1R.txt") )
;;; nombre del archivo de salida
(ade_qrysetretransform nil)
```

```
(ade_qrydefine '(" " " " "Location" ("all" )))
(ade_qrydefine '("AND" " " " "SQL" ("usuarios" "TARIFA = 'T1R'")))      ;;condición
tarifa T1R
(ade_qrysetaltprop nil)
(ade_qryexecute)
(tpm_qrysetrestopo nil nil)
```

Seguido de la programación para esta tarifa y las restantes se agregó una acción más a realizar que corresponde a la extracción de los datos de sección y material del conductor:

```
(defun c:EXPORTA-secc()
  (setq ade_cmddia_before_qry (getvar "cmddia"))
  (setvar "cmddia" 0)
  (mapcar 'ade_dwgdeactivate (ade_dslist))
  (setq ade_tmpprefval (ade_prefgetval "ActivateDwgsOnAttach"))
  (ade_prefsetval "ActivateDwgsOnAttach" T)
  (ade_prefsetval "ActivateDwgsOnAttach" ade_tmpprefval)
  (ade_qryclear)
  (tpm_acload "TEMPORAL")
  (tpm_qrysettoponame "TEMPORAL")
  (tpm_qrysetrestopo nil nil)

  (ade_qrysettype "report" nil ":Sección_Fase@LINEAS_DPE,:Material_Fase@LINEAS_DPE"
  (strcat ruta-informes "\\seccionred.txt"))
  (ade_qrysetretransform nil)
  (ade_qrydefine '(" " " " "Property" ("layer" "=" "MT-RED"))))
  (setq x_val (car punto ))
  (setq y_val (cadr punto ))
  (setq cad1 "(ade_qrydefine '(\"AND\" \"\" \"\" \"Location\" (\"circle\" \"crossing\" ( \"
  (setq cad2 \"0.000000) 40.000000)\")\"))
  (eval (read (strcat cad1 (rtos x_val 2 6) \" \" (rtos y_val 2 6) \" \" cad2)))
  (ade_qrysetaltprop nil)
  (ade_qryexecute)
  (tpm_qrysetrestopo nil nil)
  (setvar "cmddia" ade_cmddia_before_qry)
  )
```

Los archivos de texto se extraen a la carpeta designada en la variable “ruta-informes” (en este caso C:\Proyecto final\Archivos txt) Los nombres de los mismos son:

- | | | |
|------------|------------|------------------|
| - T1R.txt | - T1GE.txt | - T3BT.txt |
| - T1G.txt | - T1AP.txt | - T4.txt |
| - T1RE.txt | - T2BT.txt | - seccionred.txt |

Al igual que con la herramienta “Crear topología”, se definió la herramienta “Extraer consumos” dentro de la paleta de herramientas que tiene la función de ejecutar el comando “EXPORTA-MULTIPLE” realizando todas las acciones descritas en un solo paso. La edición del botón, al igual que con “Crear topología”, se realiza copiando y pegando un botón cualquiera en la pestaña “Estado de carga”. Luego se presionó el click derecho sobre el icono copiado para abrir un menú desplegable en que se define una nueva imagen para el icono y se le cambia el nombre (Figura 4.2.1.9).

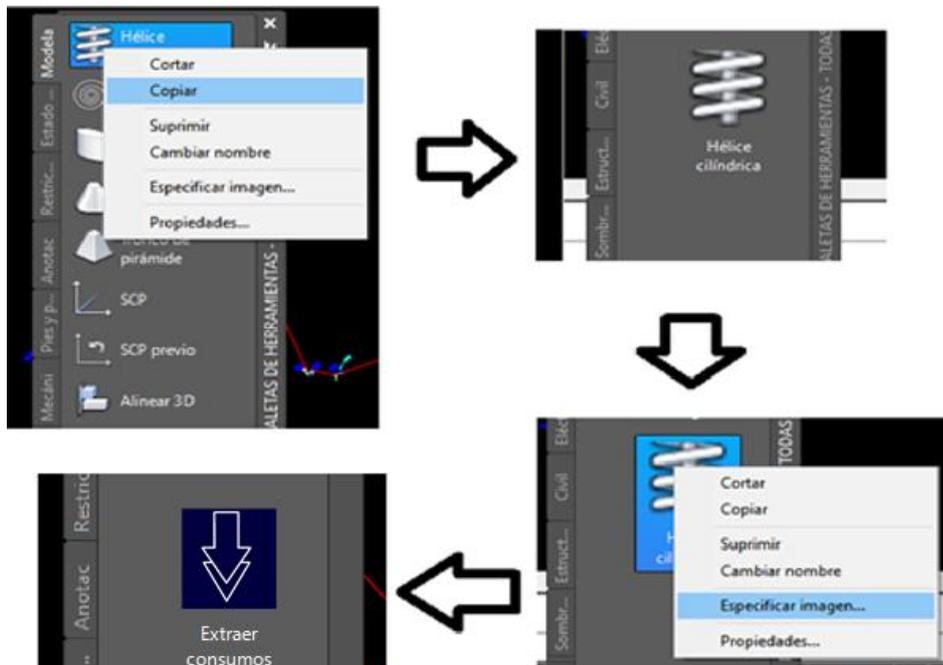


Figura 4.2.1.9 – Procedimiento en creación del botón “Extraer consumos”

Dentro del menú desplegable aparece la opción “propiedades...”, al entrar aparece un cuadro en el que también se puede ajustar el nombre del botón y un texto que explica su función. Además en la planilla “Comando”, en Cadena de caracteres, se llama al comando a ejecutarse cuando se usa el botón. En este caso se definió al comando como “EXPORTA-MULTIPLE” (Figura 4.2.1.10).

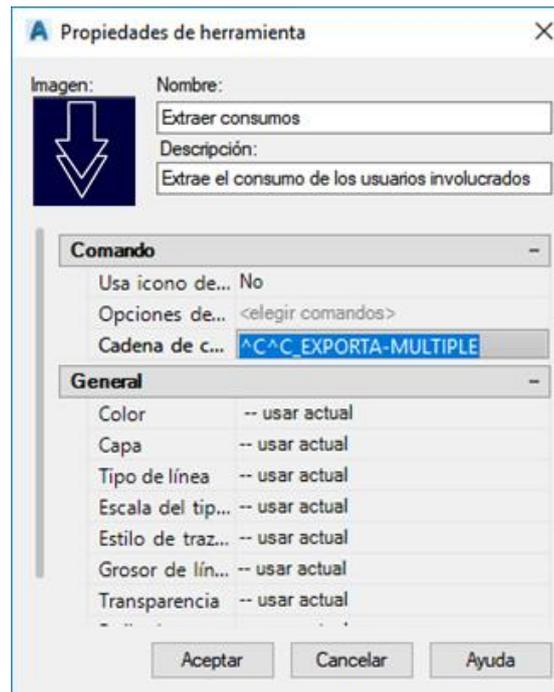


Figura 4.2.1.10 – Menú de edición del botón “Extraer consumo”

2.2 Generación de curvas de carga en el entorno MATLAB

En este apartado se exponen las acciones realizadas en MATLAB para la recepción de los datos exportados por AutoCAD Map, su posterior tratamiento para obtener una curva de carga acorde al punto de la red consultado y la exportación del resultado a un archivo de texto.

Como se señaló en capítulos anteriores, el software MATLAB es ampliamente utilizado para la resolución de problemas matemáticos. Dentro de los trabajos encontrados, uno de ellos [9] obtiene curvas de carga utilizando MATLAB como herramienta clave.

Decodificación de archivos

El programa requiere de la interpretación de archivos de texto exportados por AutoCAD Map con información de los usuarios de la red y la sección y material del alimentador consultado. La codificación con la que AutoCAD extrae los archivos de texto es llamada UNICODE o UTF-16. Esta codificación no es reconocida por MATLAB por lo que se implementó una función que se obtuvo por investigación de un blog de internet. La misma es llamada textscanu, que fue descrita en el capítulo 3 se muestra a continuación:

```
T1R=textscanu('T1R.txt', 'UTF-16', 9, 13, 'waitbar');
tam=size(T1R);
sum_T1R=0;
for i=1:1:tam(1,1)
    sum_T1R=sum_T1R+str2num(T1R{i,1});
end
```

Mediante “textscanu” se lee el archivo de texto T1R.txt y se lo guarda en la variable T1R. Luego se procesa la información sumando sus elementos y obtener la energía perteneciente a todo los clientes con tarifa T1R.

En este paso se obtiene el valor de la energía mensual o bimensual de ese tipo de consumidores., es decir que se obtiene “E” de la expresión 3.1.1, dividido por 30 o 60 según el caso.

La lectura de la sección y material se hace como muestra el siguiente código:

```
matysecc=textscanu('seccionred.txt', 'UTF-16', 59, 13, 'waitbar');
rta1=matysecc{1,1};
rta2=str2num(matysecc{1,2});
if strcmp(rta1,'Aleación de Aluminio')
    cat=load('catAA.txt');
end
if strcmp(rta1,'Acero Recubierto Zn')
    cat=load('catAZ.txt');
end
if strcmp(rta1,'Cobre')
    cat=load('catC.txt');
end
if strcmp(rta1,'Aluminio / Acero')
    cat=load('catAAc.txt');
end
tam_cat=size(cat);
for i=1:1:tam_cat(1,1)
    if rta2==cat(i,1)
        Inominal=cat(2,i);
    end
end
end
```

Nuevamente se hace uso de la función “textscanu” para luego guardar los dos valores en las variables rta1 y rta2. Para conocer la corriente nominal de un conductor es necesario acceder a un catálogo de conductores eligiendo primero un catálogo del material correspondiente y luego en función a la sección encontrar la corriente nominal. La estructura desarrollada, utilizando la función “if”, determina si el material es cobre, aluminio, aluminio/acero u otro. Al determinar de qué material se trata, se llama a la función “load” que carga los datos de un archivo que contiene pares de datos de corriente y sección del material correspondiente, en la variable “cat”. Finalmente, mediante un ciclo “For” se recorre la variable “cat” y se guarda el valor de corriente nominal para la sección de valor “rta1”.

El programa se desarrolló, a su vez, permitiendo la carga de archivos de texto independientes de AutoCAD MAP, pero su lectura se efectúa con comandos simples de MATLAB. Estos archivos contienen valores de curvas de carga típicas para cada tarifa y el número de días entre lecturas de consumo de energía. Es decir que por lectura de archivos externos se obtiene la curva de carga de referencia y el número de días considerado en la facturación como promedio de los días de facturación reales de cada cliente.

Los archivos cuentan con valores de curvas que por investigación se presumió que son las más cercanas a la realidad. Para el ejemplo de cálculo se utilizaron como curvas de referencia las obtenidas por el proyecto “Propuesta metodológica para la determinación de las curvas de carga y los factores Ki de distribuidores municipales” [7] como se comentó en el capítulo 3. A pesar de haber seleccionado tales curvas, se destaca la principal ventaja de esta metodología siendo esta, que el usuario que utilice este método, tiene la posibilidad de acceder a estos archivos y cargar nuevas curvas que sean consideradas como más propicias al sector de la red a estudiar. La decisión viene dada por lo variables que pueden llegar a ser las curvas de carga con los años y sobre todo en las diferencias que presentan curvas de carga de grandes consumidores en baja tensión según el tipo de industria al que pertenecen. Dentro los posibles errores de cálculo, uno de los más relevantes puede originarse al utilizar curvas de referencia erróneas, por lo tanto tener la posibilidad de ingresar nuevas curvas de carga permite al operador buscar resultados más cercanos a la realidad, siendo está una de las principales ventajas frente a la dificultad del problema a resolver.

El comando que se encarga de estas lecturas es “load” como se observa a continuación:

```
resiR=load('ResidencialR.txt');
```

Vale destacar, que en la lectura de archivos externos con más de un tipo de variable, al realizar la lectura de los mismos, se los guarda en un variable del tipo matriz donde cada elemento de la misma ocupa una posición. Esto puede verse en la Figura 4.2.2.1, donde la ubicación [1,1] (columna 1 y fila 1) está ocupada por un valor de potencia, mientras que la ubicación [2,1] (columna 2 y fila 1) tiene un valor que representa la hora en la que se alcanzó la mencionada potencia.

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \\ 3.4 & 3 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ 3.1 & 24 \end{pmatrix}$$

Figura 4.2.2.1 – Matriz generada de los archivos de texto

```
Pmax=max(resiR(:,1));
x=[resiR(:,2)];
y=[resiR(:,1)];
AresiR=trapz(x,y);
Tu_residencialR=AresiR/Pmax;
residencialR=[resiR(:,1)/Pmax resiR(:,2)];
```

Como muestra en la primera línea, se utiliza “load” para leer el archivo de texto “ResidencialR.txt” que contiene la curva de carga de referencia. Luego se determina el máximo valor de potencia de la curva ($P_{\text{máxref}}$), el área bajo la curva (E_{ref}), la curva de referencia en por unidad y el tiempo de utilización (T_u) siempre para los consumidores T1R. Este procedimiento se realiza con todos los tipos de tarifas.

Adaptación de número de días entre lecturas de consumo energético

El programa debe contemplar en el cálculo el tiempo entre cada lectura realizada en los medidores de energía. Este tiempo, para usuarios de pequeñas demandas, suele ser de 60 días en promedio mientras que cuando se trata de mayores consumos, las lecturas se efectúan cada 30 días. A pesar de esta generalización, muchas veces las lecturas no son de exactamente 30 o 60 días, con lo cual al tomar estos valores se cae en un error. Una forma de solucionar esta problemática es agregar en las bases de datos de los usuarios, una columna que especifique para cada cliente la cantidad de días que fueron considerados en la lectura de energía y utilizar estos datos.

La forma más eficiente de administrar estos datos es crear una nueva plantilla con información particular de cada medidor junto a la duración del periodo facturado. Luego, mediante consultas guardadas en la base de datos, se relaciona la plantilla original (suministrada por Cooperativa eléctrica de Balcarce en el formato ya mencionado en el capítulo 3) con la nueva plantilla obteniendo como resultado una plantilla con la información necesaria para realizar un cálculo que contemple la variación de tiempo que tienen las lecturas de energía. Además, al obtener información desde una consulta se consigue un uso más dinámico de la misma y con mayores posibilidades de incluir nuevas variables a partir de consultas. Si bien es factible realizar estas modificaciones en las bases de datos y una consecuente vinculación a los objetos del dibujo, no es interés de este proyecto entrar en procedimientos que dificulten la instalación del programa y reducir su practicidad. Por lo tanto, se decidió utilizar un número de días según la tarifa del cliente haciendo referencia a lo explicado en el primer párrafo de este asunto. Además, el programa ofrece la posibilidad de cambiar tal parámetro con solo acceder a los archivos de texto de nombre “díasTARIFA” (siendo TARIFA igual a T1R, T1G, T2BT, T4, etc.) y escribir el número de días que

corresponda. A continuación se muestra la lectura y asignación a una variable al valor dentro del archivo de texto.

```
dias_T1R=load('diasT1R.txt');
```

De esta forma, se guarda el número de días entre lecturas de energía para la tarifa T1R.

Ajustes por pérdidas en la red, Cos ϕ de las cargas y horario a consultar

En el presente estudio, se toma como base para el cálculo, el consumo de los usuarios. Es decir que, de no realizar acciones no se tendrían en cuenta las pérdidas en la red. Para poder obtener con exactitud las pérdidas que conlleva la circulación de corriente por los conductores, transformadores y demás elementos de la red se debe realizar un flujo de carga que realice iteraciones en la red considerando la longitud en los tramos, resistencia e inductancia de la línea y pérdidas fijas y variables en los transformadores. Estos desarrollos matemáticos y en programación están fuera del alcance de este proyecto y como se explicó en el capítulo 3, se optó por contabilizar las pérdidas como un porcentaje de la potencia activa.

Para red analizada (Balcarce, Buenos Aires), se tomaron como pérdidas totales un 5% siendo estas las que engloban las pérdidas técnicas y las no técnicas. La estimación viene dada por la publicación del artículo citado en el marco teórico, que menciona porcentajes en pérdidas para distintas empresas de la provincia de Buenos Aires [8]. Debido al constante cambio en cuanto a pérdidas, se prefirió generar un cuadro de diálogo que ofrezca la opción al operador de seleccionar las pérdidas que correspondan a la red a analizar.

Como se indicó en el capítulo 3, otro aspecto importante a tener en cuenta para el cálculo de la corriente en los alimentadores y el subsiguiente estado de carga, es necesario considerar el factor de potencia de los consumidores. Los consumidores tienen diversas tarifas contratadas pero en cuanto a la penalización por bajo factor de potencia se los puede dividir en usuarios de medianas y grandes demandas y los de pequeñas demandas. Por lo tanto, se decidió asignar a los últimos un factor de potencia de 0,85 mientras que a los usuarios de medianas y grandes demandas les corresponde 0,95. Estos valores en algunos casos pueden ser diferentes o puede tenerse un conocimiento más preciso de los mismos, lo que derivó en que estas variables también sean ingresados por el operador. Además, se agregó la posibilidad de considerar un valor de factor de potencia para la iluminación vial, por las mismas razones siendo en este caso de 0,95 el valor predeterminado, suponiendo que las luminarias se encuentran compensadas. En contraste a lo mencionado, el factor de potencia

presenta fluctuaciones a lo largo de un día, pero al igual que con la carga demanda es necesario realizar flujos de carga, por lo que representa problema que excede los intereses de este proyecto. Otro aspecto referido a la iluminación vial es la energía no medida. Generalmente, el suministro eléctrico de las luminarias es tomado directamente de la red sin pasar por medidores de energía. Es decir que se registra la energía demandada por unas pocas luminarias del total. Por lo tanto, para poder considerar esta energía que no puede apreciarse en la base datos ni consecuentemente en la plataforma GIS, se agregó al cuadro de diálogo la posibilidad de ingresar la potencia de las luminarias no registradas en iluminación vial.

Por último, recordando los objetivos del trabajo, el estado de carga de un alimentador es variable en el transcurso del día dependiendo de los valores que vaya adquiriendo la demanda. Lo que significa que para poder determinar el estado de carga de un alimentador, es necesario referirse a un momento específico del día, que puede ser variable según los intereses del operador. Por estas razones se incorporó a las anteriores opciones, la solicitud de un horario que debe ser un número entero de 1 a 24.

Para ingresar estos parámetros se utilizó el comando `inputdlg(prompt,title,1,def_ans)` el cual genera un cuadro de diálogo. Las variables `prompt`, `title`, `1`, `def_ans` definen el texto orientativo a la solicitud, el título del cuadro de diálogo, el número de líneas destinado a la respuesta y el valor predeterminado de la respuesta. El código de programación puede verse a continuación y el cuadro de diálogo generado en la Figura 4.2.2.2.

```
prompt={'Ingrese la hora del día que desea analizar: ', 'Ingrese el Cos (fi) para usuarios con grandes y medianas demandas:', 'Ingrese el Cos (fi) para los usuarios de pequeñas demandas:', 'Ingrese el Cos (fi) para el alumbrado público:', 'Ingrese el porcentaje de pérdidas para el sector:', 'Ingrese el porcentaje de potencia no contemplado en alumbrado público:'};
title='Ajustes';
def_ans={'21', '0.95', '0.85', '0.95', '5', '1'};
A=inputdlg(prompt,title,1,def_ans);
Horario=str2num(A{1});
cos_ind=str2num(A{2});
cos_res=str2num(A{3});
cos_alu=str2num(A{4});
perd=str2num(A{5});
perdalum=str2num(A{6});
```

The image shows a dialog box titled "Ajustes" with the following fields and values:

- Ingrese la hora del día que desea analizar: 21
- Ingrese el Cos (fi) para usuarios con grandes y medianas demandas: 0.95
- Ingrese el Cos (fi) para los usuarios de pequeñas demandas: 0.85
- Ingrese el Cos (fi) para el alumbrado público: 0.95
- Ingrese el porcentaje de pérdidas para el sector: 5
- Ingrese la potencia no contemplada de alumbrado público [kW]: 1

Buttons: OK, Cancel

Figura 4.2.2.2 – Creación de cuadro de dialogo, Ajustes

Con la función `str2num(x)` se guardan los valores ingresados en distintas variables, las cuales fueron nombradas "Horario", "cos_ind", "cos_res", "cos_alu", "perd" y "perdalum" haciendo referencia al horario elegido, factor de potencia estimado para los usuarios de grandes y medianas demandas, los de pequeñas demandas y el alumbrado público, pérdidas estimas en la red y pérdidas por energía de iluminación vial no registrada.

Generación de curvas de cargas

Partiendo de los parámetros referidos a los usuarios y a la red como las pérdidas técnicas y no técnicas y factor de potencia de los distintos usuarios, solo queda determinar los valores fundamentales en la creación de las nuevas curvas de carga que son la energía consumida en forma diaria (E) y la potencia pico ($P_{m\acute{a}x}$), para cada tarifa.

Una vez que se tiene la energía consumida de los clientes se la divide por la variable ya mencionada "días_tarifa" para obtener la energía consumida diariamente (Valor medio). Conociendo el tiempo de utilización (T_u) calculado previamente y la energía (E) se utiliza la expresión 3.1.1 para calcular la potencia pico de la nueva curva ($P_{m\acute{a}x}$). Estos paso se muestran a continuación:

$$E_{T1R} = \text{sum_T1R} / \text{dias_T1R};$$

$$P_{T1R} = E_{T1R} / T_{u_residencialR};$$

Finalmente, con los valores obtenidos, se puede encontrar la curva de carga en potencia activa multiplicando la curva de referencia en por unidad por la potencia máxima ($P_{\text{máx}}$). Es decir que a la matriz que almacena los valores de potencia en por unidad y tiempo de la curva de carga de referencia se le multiplica a cada elemento de la columna de potencia. Para obtener la curva de potencia reactiva, se multiplica a la curva con valores en por unidad por la potencia máxima y por la tangente de ϕ . Es decir que se obtiene una curva de igual forma a la de potencia activa pero de magnitud tal que en todo momento, el factor de potencia sea el ingresado por teclado. La programación de estas operaciones se muestra a continuación:

```
curva_TlR=[residencialR(:,1)*P_TlR residencialR(:,2)];
curva_TlR_reac=[residencialR(:,1)*(P_TlR/cos_res)*sin(acos(cos_res))
residencialR(:,2)];
```

Resumiendo los pasos realizados hasta esta etapa, se los enumera a continuación:

- 1- Lectura de datos extraídos desde AutoCAD Map
- 2- Sumatorio de consumos de los clientes de la tarifa
- 3- Lectura de curvas de referencia y obtención de tiempo de utilización
- 4- Generación de cuadro de diálogo para ajustes de cálculo y funcionamiento
- 5- Determinación de $P_{\text{máx}}$ para la nueva curva de carga
- 6- Obtención de curvas en potencia activa y reactiva

Estos pasos se repiten de la misma forma con todas las tarifas, de modo que se encuentran las curvas de carga en potencia activa y reactiva para todos los tipos de consumidores.

La siguiente etapa está referida a la muestra de los resultados obtenidos. Tiene la finalidad de informar gráficamente, la forma que presenta la curva de cada uno de los tipos de consumidores, y de obtener las curvas en potencia y corriente que contemplen a toda la demanda.

Visualización de curvas de carga definitivas

Una vez que se encuentran generadas las curvas de carga de potencia activa y reactiva de todos los tipos de tarifas se programó la visualización de tales curvas, la curva total (que es la suma de todas ellas con las pérdidas en red incluidas) y finalmente una curva que muestra la corriente a lo largo del día. Para la realización de tal gráfico, se utilizó la función subplot(a,b,c) que genera una matriz de gráficos, es decir que cada elemento de la matriz es

ocupado por un gráfico. En la segunda línea, luego de los comentarios, se muestra que la función subplot genera una matriz de 4 columnas y 4 filas y en la primera posición. La gráfica de la primera posición, se crea mediante la función plot asignando los valores x e y de la curva de carga correspondiente a las variables “x_T1R” e “y_T1R”. Luego se realizaron ajustes para una mejor visualización de los resultados como generar dos ejes, título al gráfico, título a los ejes, tipo de línea y limite en el tamaño del eje x.

```
%GRAFICOS DE LAS CURVAS PARA CADA TIPO DE USUARIO
%GRAFICO 1
clear title xlabel ylabel
subplot(4,4,1);
x_T1R=curva_T1R(:,2);
y_T1R=curva_T1R(:,1);
yyaxis left
plot(x_T1R,y_T1R,'-','linewidth',2)
markersize=1;
ylabel ( 'Potencia Activa[kW] ' )
y_T1R_reac=curva_T1R_reac(:,1);
yyaxis right
plot(x_T1R,y_T1R_reac,'-','linewidth',2)
ylabel ( 'Potencia Reactiva[kVar] ' )
title ( 'Curva para T1R' )
xlabel ( 'Tiempo[hs]' )
grid on
xlim ([0 ,24])
```

En las demás tarifas se siguieron los mismos pasos hasta llegar a la curva de carga total en potencia activa, reactiva y aparente. Para generar tal curva de carga, se suman las curvas de cada tarifa en potencia activa y reactiva por separado. Luego a la curva de potencia activa se le suma el porcentaje de pérdidas indicado en el cuadro de dialogo (expresiones 4.2.2.1, 4.2.2.2 y 4.2.2.3). Las variables participantes fueron nombradas “y_Total_act”, “y_Total_reac” e “y_Total” donde:

$$Potencia Activa[kW] = y_{Total_{act}} = \sum y_{act_Tarifa_i} + \frac{\%Perdidas \cdot \sum y_{act_Tarifa_i}}{100} \quad 4.2.2.1$$

$$Potencia Reactiva[kVAr] = y_{Total_{reac}} = \sum y_{reac_Tarifa_i} \quad 4.2.2.2$$

$$Potencia Aparente[kVA] = y_{Total} = \sqrt{(y_{Total_{act}})^2 + (y_{Total_{reac}})^2} \quad 4.2.2.3$$

Estas operaciones se pueden ver a continuación de este párrafo junto a los comandos de ajuste al gráfico, como los títulos al eje y demás aspectos ya comentados. Para este gráfico y el de la corriente, se eligió que ocupen una porción importante dentro del gráfico total respecto a las curvas de las tarifas por su representatividad en la respuesta buscada. Tal acción, se consigue en la función subplot asignando en el tercer casillero el lugar de la matriz

en la que comienza el gráfico, seguido de dos puntos y el lugar de la matriz en donde termina (en este caso subplot(4,4,9:12)).

```
%GRAFICO 9
subplot(4,4,9:12);
x_Total_act=residencialR(:,2);
y_act=y_T1R+y_T1G+y_T4+y_T1RE+y_T1GE+y_T2BT+y_T3BT+y_T1AP;
perd_cons=y_act*(perd/100);
y_Total_act=y_act+perd_cons;
plot(x_Total_act,y_Total_act,'-ob','linewidth',1)
hold on
x_Total_reac=residencialR(:,2);
y_Total_reac=y_T1R_reac+y_T1G_reac+y_T4_reac+y_T1RE_reac+y_T1GE_reac+y_T2BT_reac+y_T3BT_reac+y_T1AP_reac;
plot(x_Total_reac,y_Total_reac,'-or','linewidth',1)
hold on
x_Total=residencialR(:,2);
y_Total=sqrt(y_Total_act.^2+y_Total_reac.^2);
plot(x_Total,y_Total,'-om','linewidth',3)
title('Curva de la potencia total');
xlabel ('Tiempo[hs]')
ylabel ('Potencia[kVA] ')
grid on
xlim ([0 ,24])
```

El último gráfico en la figura completa, corresponde a la corriente hora a hora. Para su cálculo se utiliza la potencia aparente y la tensión de línea (13,2[kV]). Otra importante consideración en su determinación, fue suponer que a pesar de que la red cuenta con más cargas monofásicas que trifásicas, las primeras se distribuyen de forma equilibrada. Esto puede observarse en la práctica al ver que en puntos de mayor potencia de cortocircuito las la potencia por fase es más equilibrada que en puntos de la red tales como finales de línea. Los cálculos se programaron como se muestran a continuación y la expresión 4.2.2.4 muestra los cálculos realizados.

```
%GRAFICO 10
subplot(4,4,13:16);
x_corriente=residencialR(:,2);
y_corriente=y_Total./(sqrt(3)*13.2);
corriente=[x_corriente y_corriente];
plot(x_corriente,y_corriente,'-ob','linewidth',2)
title('Intensidad en el punto seleccionado durante el día');
xlabel ('Tiempo[hs]')
ylabel ('Intensidad[A] ')
grid on
xlim ([0 ,24])
```

$$I[A] = \frac{\text{Potencia Aparente}[kVA]}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{y_{Total}}{\text{sqrt}(3) \cdot U_n} \quad 4.2.2.4$$

Con este procedimiento se obtiene como resultado un gráfico como el que se observa en la Figura 4.2.2.3. En los casilleros para los clientes T1R y T2RE se observan las curvas que presentan grandes similitudes con las curvas obtenidas por los trabajos mencionados en el Anexo 2 ([10] y [11]) referidas a los usuarios residenciales. Con lo cual se demuestra, que para este tipo de usuarios las curvas elegidas tienen buena aplicabilidad. En cuanto a los usuarios rurales, uno de los trabajos encontrados [12] expone muchas variantes de curvas de carga sectorizadas por cantidad de energía consumida mientras que el observa en la figura 4.2.2.3 busca englobar todas estas posibilidades y es por ello que muestra muchos altos y bajos en el consumo de energía diario al igual que las curvas exhibidas en el proyecto realizado en Brasil.

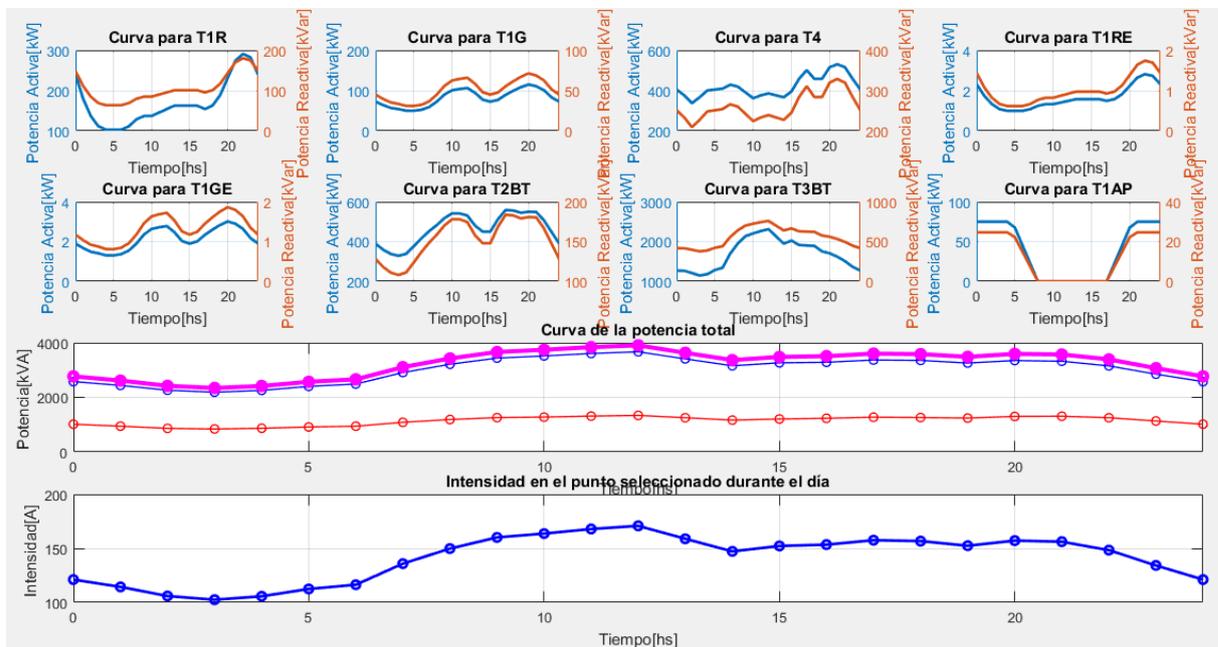


Figura 4.2.2.3 – Resultados de curvas de carga para cada tarifa y curva de carga definitiva

La última etapa de programación en MATLAB consiste en exportar a un archivo de texto la corriente alcanzada en el horario consultado. A estos dos datos se le agrega la información de la corriente nominal del conductor consultado. Para poder conocer la corriente nominal de un conductor es necesario saber cuál es su sección y de que material se trata como se mencionó al principio de este apartado. Recordando que mediante operaciones con ciclos “For” se obtuvo la corriente nominal y que los pasos anteriores determinaron los valores de corriente que son alcanzados a lo largo del día, solo queda recorrer la variable tipo matriz con los valores de corriente y extraer el valor de la corriente en el horario consultado. Para conseguirlo se utilizó nuevamente un ciclo “for” que compara las horas de día con la variable “Horario” y en el caso de haber coincidencia se guarda el valor de la corriente para ese hora.

```
for i=1:1:24
    if Horario==corriente(i,1)
        Icarga=corriente(i,2);
    end
end
```

Finalmente con los valores de horario consultado, corriente nominal del conductor y corriente alcanzada en el horario determinado se procede a exportar estos datos a un archivo de texto, para que luego sean captados por AutoCAD MAP y muestre los resultados junto a red. Vale destacar que la forma en la que se exportan estos resultados en cuanto a disposición, es importante para la su lectura y comprensión como se explicará en el próximo apartado. A continuación se muestra los códigos utilizados y en la Figura 4.2.2.4 se ve la disposición de los resultados, el primero la hora consultada, luego la corriente nominal y por último la corriente en la hora consultada.

```
fileID = fopen('resultado.txt','w');
fprintf(fileID,'%6.2f\r\n',Horario);
fprintf(fileID,'%6.2f\r\n',Inominal);
fprintf(fileID,'%6.2f\r\n',Icarga);
fclose(fileID);
```



resultado.txt: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

21.00

50.00

17.14

Figura 4.2.2.4 – Disposición de resultados exportados desde MATLAB

La ejecución del programa desarrollado en MATLAB puede realizarse de forma manual e independiente del software gráfico pero implica poseer el programa instalado y el uso de los dos software a la vez ocupando una gran cantidad de memoria RAM en la computadora. Además, conllevaría a realizar varias maniobras para poder utilizar la metodología y obtener resultados. Por lo tanto se transformó dicho programa en un archivo ejecutable, que permite utilizar las herramientas de MATLAB sin poseer el programa desde AutoCAD MAP simplificando en gran medida el número de pasos para llegar a los resultados. Es decir, se utilizó el comando “deploytool” para crear un archivo que al ejecutarse, realice todas las operaciones programadas como se desarrolló en el capítulo 3.

La ejecución de tal archivo se realiza desde AutoCAD Map mediante una nueva herramienta, que se obtiene de la misma forma que las herramientas creadas en la primera etapa de la metodología. Es decir, se copia cualquiera de estas, se selecciona el icono de la

nueva herramienta y se le da un nombre acorde a la función de la misma. En este caso se llamó a la herramienta como “Estado de carga” y puede verse en la Figura 4.2.2.5.

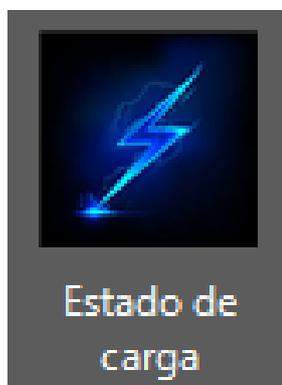


Figura 4.2.2.5 – Herramienta “Estado de carga”

En cuanto a la programación para la ejecución del archivo desde la paleta de herramientas, se realizó de la siguiente forma:

```
(setq RUTA-SOPORTE "C:\\\\...") ;;RUTA DONDE ESTÁ EL ARCHIVO .EXE
(defun C:EJECUTA-EXE() (startapp (strcat RUTA-SOPORTE "\\Curva_de_carga")))
```

2.3 Importación y visualización de resultados en plataforma GIS

Esta última etapa de la metodología consiste en adquirir los resultados del archivo de texto exportado por MATLAB y mostrarlos en forma gráfica. El punto más importante en la muestra de resultados es ser lo más claro posible en cuanto a una representación del estado de carga, que muestra los resultados numéricos acompañados con colores y porcentajes.

La muestra de resultados debe insertarse en algún lugar del dibujo que sea conveniente para el operador, sin mezclarse con otros textos y líneas de la red. Por lo tanto, se decidió que lo mejor es que el mismo operador decida en qué punto insertar los resultados con el mouse. Además, como se señaló en el apartado anterior, los resultados se leen de un archivo de texto llamado “resultados.txt”. Los valores del horario escogido, la corriente nominal del alimentador y la corriente calculada se encuentran en las primeras tres líneas del archivo de texto.

Para poder llevar a cabo las operaciones descritas se creó una nueva herramienta en la paleta que contiene los demás comandos desarrollados. El nuevo comando se lo nombró “GR”, el cual está compuesto de dos partes. La primera corresponde a un subprograma que se encarga de leer el archivo de texto y almacena los valores en tres variables de nombres “dato1”, “dato2” y “dato3”. A continuación se muestra la programación de este subprograma:

```
(defun leer-resultado())
```

```
(IF (setq archTXT (open (strcat ruta-informes "\\resultado.txt")
                        "r"
                    )
    )
    )
    (PROGN
      (setq just_name "          sigre" nr 0)
      (setq fich_item (read-line archTXT))
      (setq fich_list '())
      (while fich_item
        (setq just_name fich_item nr (+ nr 1))
        (if (= 1 nr) (setq dato1 just_name))
        (if (= 2 nr) (setq dato2 just_name))
        (if (= 3 nr) (setq dato3 just_name))
        (setq fich_item (read-line archTXT))
      )
      (close archTXT)
    )
    (ALERT "No se encontró resultado.txt")
  )
)
```

La segunda parte del programa consiste en la creación de los objetos que muestran los resultados a partir de las variables “dato1”, “dato2” y “dato3”. En las primeras líneas determina que porcentaje de la corriente nominal representa la corriente calculada. En función a tal porcentaje guarda en un variable el color asignado a la muestra de datos que puede ser verde, amarillo o rojo siendo este último para valores desde 67% a 100%, el amarillo entre 33% y 67% y el verde para valores menores a 33%. Estos colores ayudan a una fácil comprensión del operador en cuanto al entendimiento del estado de carga. Las siguientes líneas del programa tienen la finalidad de ofrecerle al operador que indique en qué lugar insertar los resultados. Finalmente se configuran los elementos a insertar siendo estos, 2 círculos con centro en el punto escogido, un texto con el porcentaje del alimentador ocupado, y tres textos referidos a la hora elegida, corriente nominal y corriente calculada. A continuación de se muestra la programación del comando “GR”:

```
(defun c:GR()
  (leer-resultado)
  ;;; (setq dato_hora "16" dato_In "28" dato_Ic "26")
  (setq dato_hora dato1
        dato_In dato2
        dato_Ic dato3)
  (setq porc ( * 100 ( / (atof dato_ic) (atof dato_in))))
  (setq dato_PORC (rtos porc 2 0))
  (setq ang (* 3.6 porc))
  (IF (AND (> PORC 0) (< PORC 33)) (command "-color" "3" ))
  (IF (AND (> PORC 34) (< PORC 67)) (command "-color" "2" ))
  (IF (AND (> PORC 67) (< PORC 100)) (command "-color" "1" ))
  (setq pt (getpoint "Indicar punto"))
  (command "pol" pt "G" 50 50 "A" "E" "@-200,0" "u" ang "" "")
  (SETQ PUN1 (POLAR pt ( / PI 1) 200))
  (command "circulo" pun1 200 "")
  (command "circulo" pun1 250 ""))
```

```
(command "_text" "_MC" pun1 "130" 0 (STRCAT dato_PORC "%") )
(SETQ PUN2 (POLAR pt ( / PI 4) 200))
(command "_text" "_ML" pun2 "100" 0 (STRCAT "Hora:" dato_hora) )
(command "_text" "" (STRCAT "In:" dato_In ) )
(command "_text" "" (STRCAT "Ic:" dato_Ic ) )
(command "-color" "BYLAYER" )
)
```

Al ejecutar este comando se consiguen mostrar los resultados como se observa en la Figura 4.2.3.1 en donde se muestran resultados de tres casos distintos.



Figura 4.2.3.1 – Muestra del estado de carga en distintos casos

En lo referido a la edición del botón que ejecuta el comando se realizó de la misma forma que los anteriores configurando su nombre, asignándole el comando “GR” y una imagen como icono (Figura 4.2.3.2).



Figura 4.2.3.2 - Herramienta “Resultados”

En resumen, la metodología desarrolló un entorno como el que muestra la Figura 4.2.3.3 donde se tiene la red digitalizada como elemento principal a analizar y una paleta de herramientas con 4 botones que al ejecutarlos en el orden correcto permiten determinar el estado de carga en cualquier alimentador de una red.

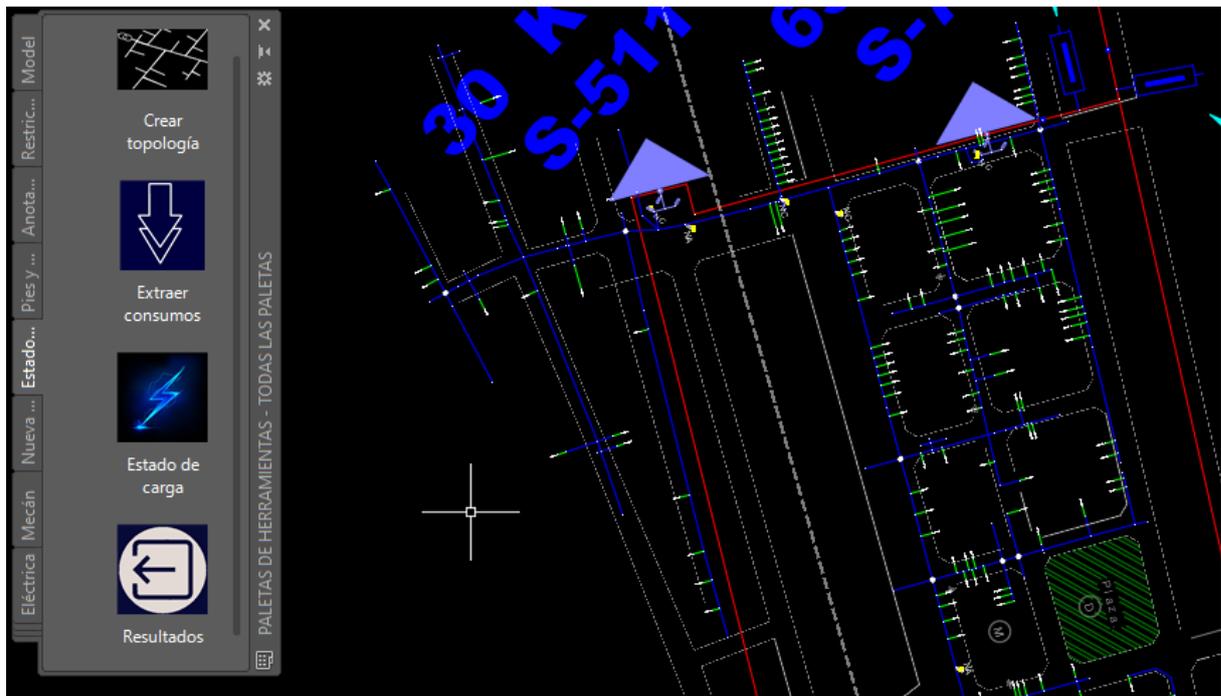


Figura 4.2.3.3 – Entorno de trabajo desarrollado

Para el correcto uso de la metodología se deben seguir una serie de pasos y tener en cuenta ciertas consideraciones. En el siguiente capítulo se muestra la resolución de un caso particular y los pasos a seguir para la instalación del proyecto.

V Resultados

1 Ejemplo de cálculo

Dentro de los objetivos del proyecto se menciona la aplicación de la metodología en una red real. La red elegida pertenece a la ciudad de Balcarce, ubicada en la provincia de Buenos Aires, Argentina. La ciudad se encuentra a pocos kilómetros de la costa atlántica y tiene una población de aproximadamente 412.000 habitantes distribuidos en una superficie de 4.120 [km²]. La organización responsable de la distribución de la energía eléctrica en la ciudad, es la Cooperativa de Electricidad Gral. Balcarce. Específicamente hablando de la superficie que abarca el tramo de red a estudiar, consta de 1700 [km²] en los que se alojan principalmente usuarios con pequeñas demandas del tipo rural. Además, vale destacar que los usuarios con más impacto son los industriales de medianas demandas y grandes demandas y los de menor influencia son los usuarios residenciales que se encuentran en 2 pequeños barrios dentro de la red. En la Figura 5.1.1 se puede observar la red eléctrica a estudiar.

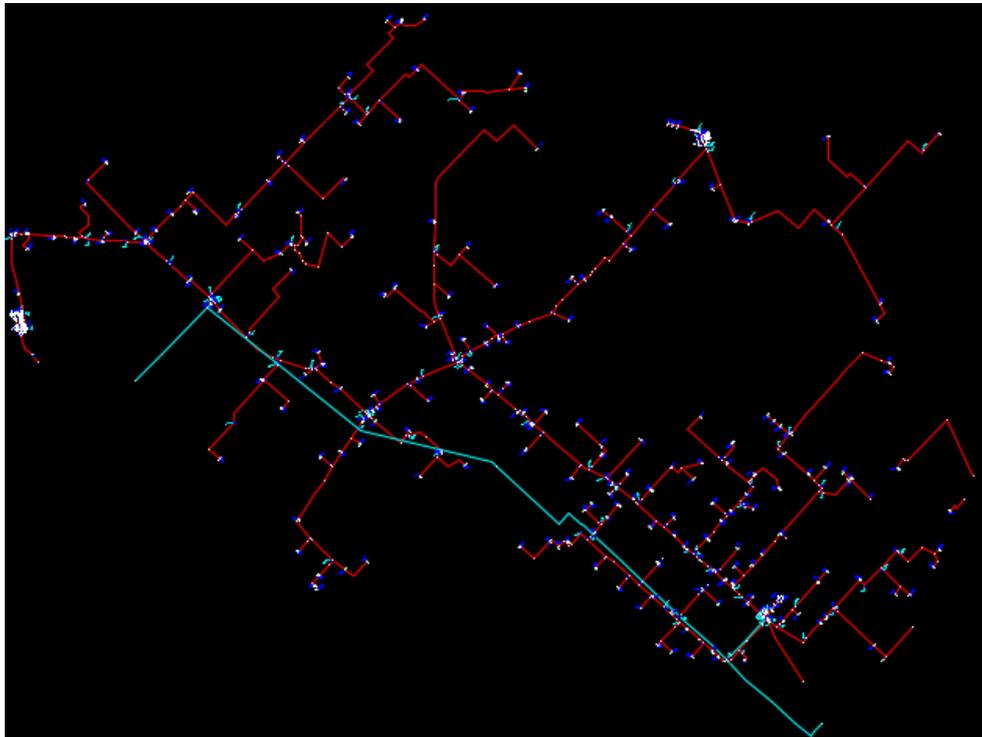


Figura 5.1.1 – Red a estudiar, perteneciente a la Cooperativa Eléctrica Balcarce

Una vez que se tiene la red digitalizada, comienza la aplicación de la metodología.

Primer paso: todos los archivos como programas, imágenes, archivos de texto y demás información se encuentran en una carpeta llamada “proyecto final”. Esta carpeta puede ser copiada y pegada en cualquier dirección sin acusar problemas en la ejecución de la metodología.

Segundo paso: se debe cargar al dibujo con red digitalizada el archivo AutoLisp de nombre “Estado-de-carga”. Este archivo se encuentra en la dirección “\Proyecto final\cad” y se carga con solo presionar sobre el mismo, arrastrarlo y soltarlo sobre el dibujo. Una mejor opción en el caso de un uso reiterado de la aplicación es entrar a “Herramientas”, luego “Cargar aplicación...”, “cargar al inicio” y seleccionar el archivo AutoLISP “Estado-de-carga”. De esta forma, cada vez que se utilice AutoCAD MAP el mismo software ofrece la opción de cargar automáticamente el archivo LISP.

Tercer paso: para evitar errores en el dibujo como cambios en la red o líneas que no se intersectan correctamente, deberá existir una topología que recorra la totalidad de la red. La misma se debe llamar “FASES” como se explicó en los capítulos 3 y 4. Por lo tanto los pasos a seguir en el caso de que la misma no esté creada en el dibujo son los mostrados en el capítulo 3, seleccionando a todas las capas y bloques involucrados en la topología para el correcto uso de seccionadores, valores de resistencia de los nodos, resistencia máxima y demás parámetros ya explicados. La misma debe estar cargada para poder ejecutar los comandos de los botones en la paleta de herramientas(Figura 5.1.2).

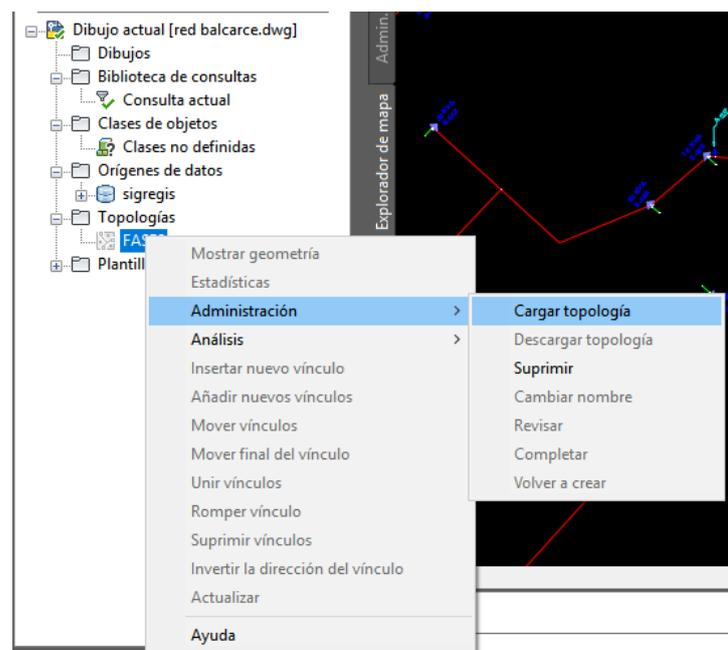


Figura 5.1.2– Carga de topología fases

Cuarto paso: para poder observar los botones pertenecientes a la paleta de herramientas, se importa el archivo con los datos de la paleta desarrollada. Los pasos son “crear una nueva paleta”, “personalizar paleta...”, seleccionar la nueva paleta con el click derecho y clicar “Importar...” para seleccionar el archivo xtp de nombre “Estado de carga” que se encuentra en la dirección “\Proyecto final\cad”.

Quinto paso: antes de proceder a indicar el punto de la red a estudiar, primero debe “abrirse” el seccionador más próximo a este punto y del lado de mayor potencia de cortocircuito. Esta operación consiste en modificar las propiedades del bloque del seccionador cambiando su variable “Estado” de “I” a “ ” que simboliza la apertura del mismo gráficamente y a su vez cambiar la variable “Resistencia” perteneciente a la topología FASES de “0” a “10000000” (Figura 5.1.3). Es decir, se opera el seccionador con el objetivo de limitar el trazado de flujo y por ende la topología a crear a solo zona que es de interés analizar.

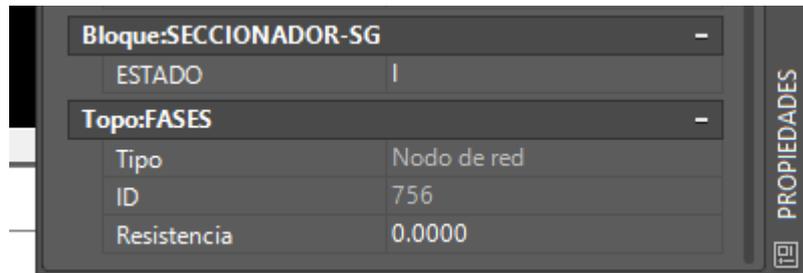


Figura 5.1.3 – Propiedades de los seccionadores, estado y resistencia

Sexto paso: se utilizó el botón “Crear topología” que solicitó la indicación del punto a analizar (Figura 5.1.4) y seguido de señalarlo creó la topología esperada resaltándola en color amarillo (Figura 5.1.5).

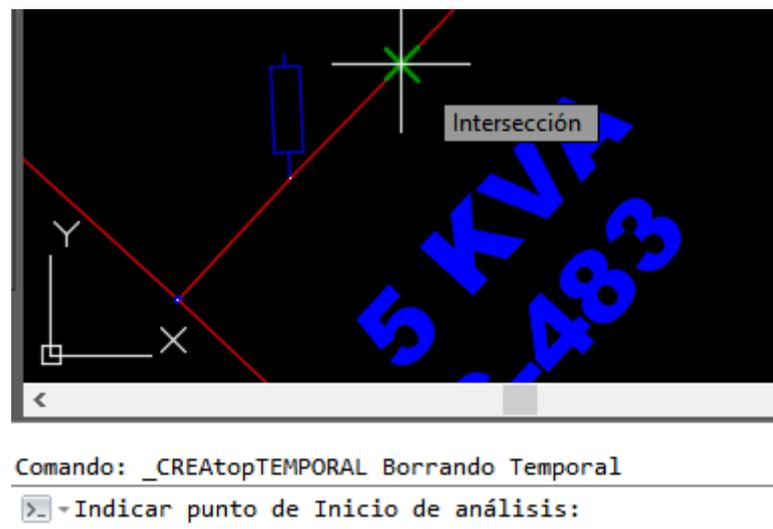


Figura 5.1.4 – Selección de punto de inicio de análisis

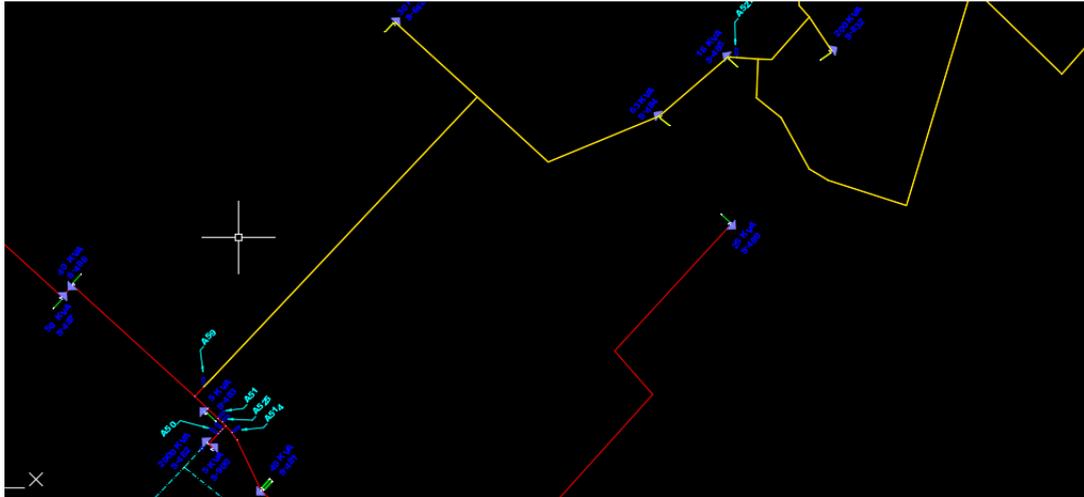


Figura 5.1.5 – Resultado de la topología creada para el cálculo

Séptimo paso: se utilizó la herramienta “Extraer consumos”, que extrajo el consumo de seis usuarios de dos tipos de tarifas (Figura 5.1.6).

```
Comando: _EXPORTA-MULTIPLE
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Se ha realizado consulta de 3 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Se ha realizado consulta de 0 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Se ha realizado consulta de 0 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Se ha realizado consulta de 0 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Se ha realizado consulta de 0 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Se ha realizado consulta de 0 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Se ha realizado consulta de 3 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Se ha realizado consulta de 0 objeto(s).1
```

Figura 5.1.6 – Cuadro de historial de comandos en AutoCAD, consultas realizadas

La cantidad de usuarios consultados se dividen en partes iguales con tarifas del tipo T4 y T3BT.

Octavo paso: se clickeó la herramienta “Estado de carga” de la paleta de herramienta para poder configurar distintos parámetros para el cálculo y señalar la hora del día que se quiere investigar. Una vez que se asignan los parámetros mostrados en la Figura 5.1.7 se abre una ventana con las curvas de carga calculadas a partir del consumo de los usuarios (Figura 5.1.8).

Ajustes [X] [Y] [Z]

Ingrese la hora del día que desea analizar:

Ingrese el Cos (fi) para usuarios con grandes y medianas demandas:

Ingrese el Cos (fi) para los usuarios de pequeñas demandas:

Ingrese el Cos (fi) para el alumbrado público:

Ingrese el porcentaje de pérdidas para el sector:

Ingrese la potencia no contemplada de alumbrado público [kW]:

Figura 5.1.7 – Ajustes de cálculo

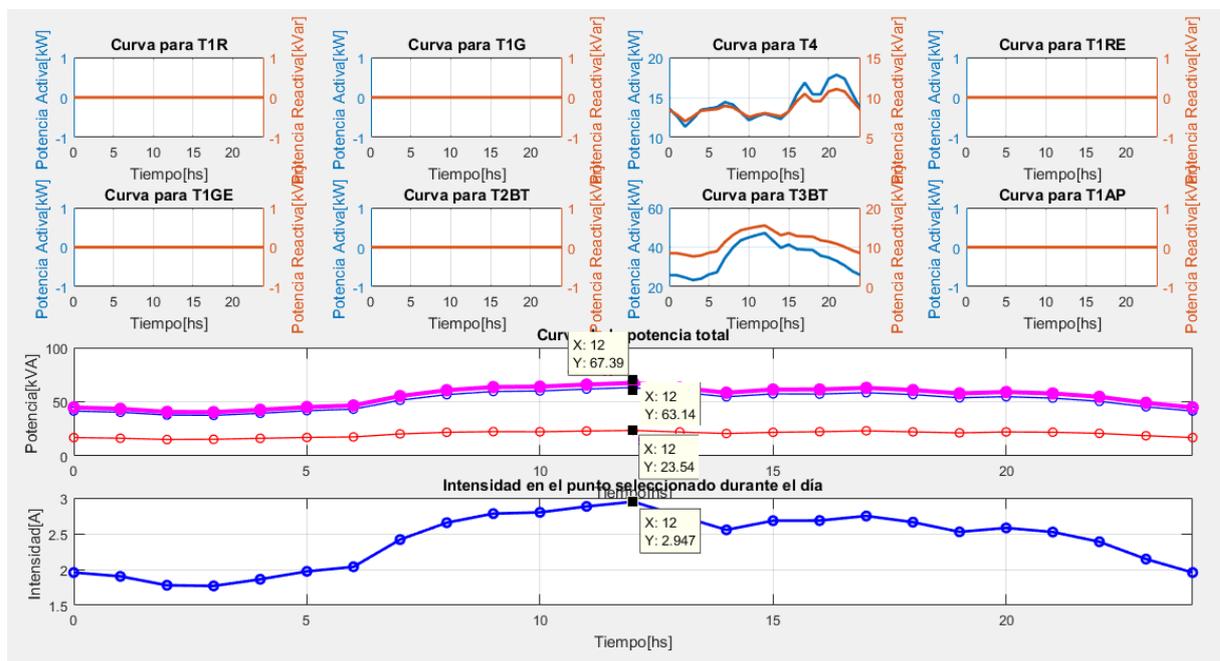


Figura 5.1.8 – Curvas de carga obtenidas

En la figura 5.1.8 se muestran los valores de corriente, potencia activa, reactiva y aparente para las 12 horas:

$$I = 2,947[A]$$

$$P = 63,14[kW]$$

$$Q = 23,54[kVAr]$$

$$S = 67,39[kVA]$$

Noveno paso: se utilizó la herramienta “Resultados” de la paleta de herramientas. La misma solicita un punto en el dibujo donde mostrar los resultados. Una vez seleccionada la ubicación se mostró el resultado como se observa en la Figura 5.1.9.

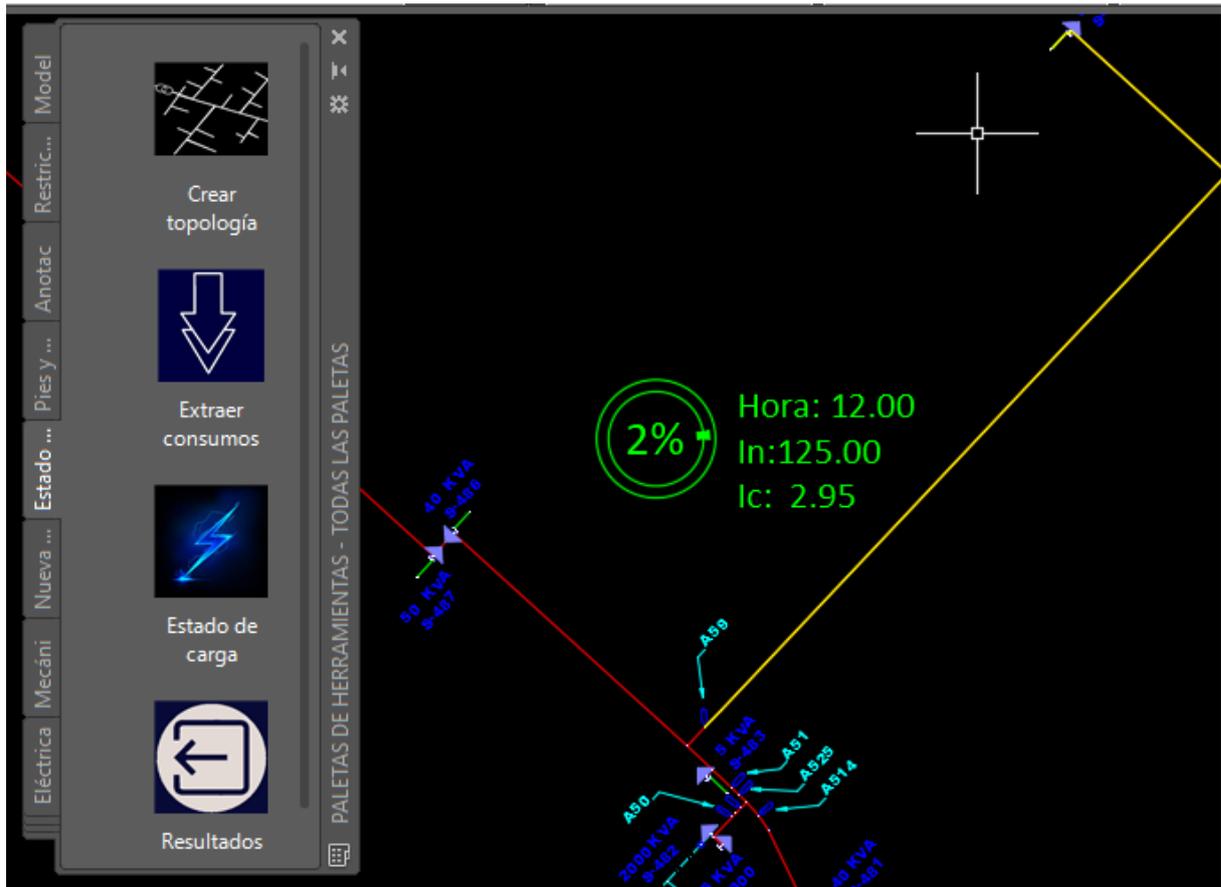


Figura 5.1.9 – Resultados del estado de carga del alimentador en horario consultado

Con este último paso se completa la metodología obteniendo el estado de carga del alimentador.

A continuación se muestra la aplicación de la metodología en un tramo con mayor número de clientes. Por lo tanto se muestra un alimentador más solicitado y con mayor variedad de clientes.

Una vez que están realizados los pasos del 1 al 4, la metodología permite consultar nuevamente cualquier otro ramal de la red. Por medio de los pasos 5 y 6 mencionados previamente se obtiene una zona a estudiar. En las figuras 5.1.10 y 5.1.11 se muestra la apertura del seccionador y la zona involucrada.

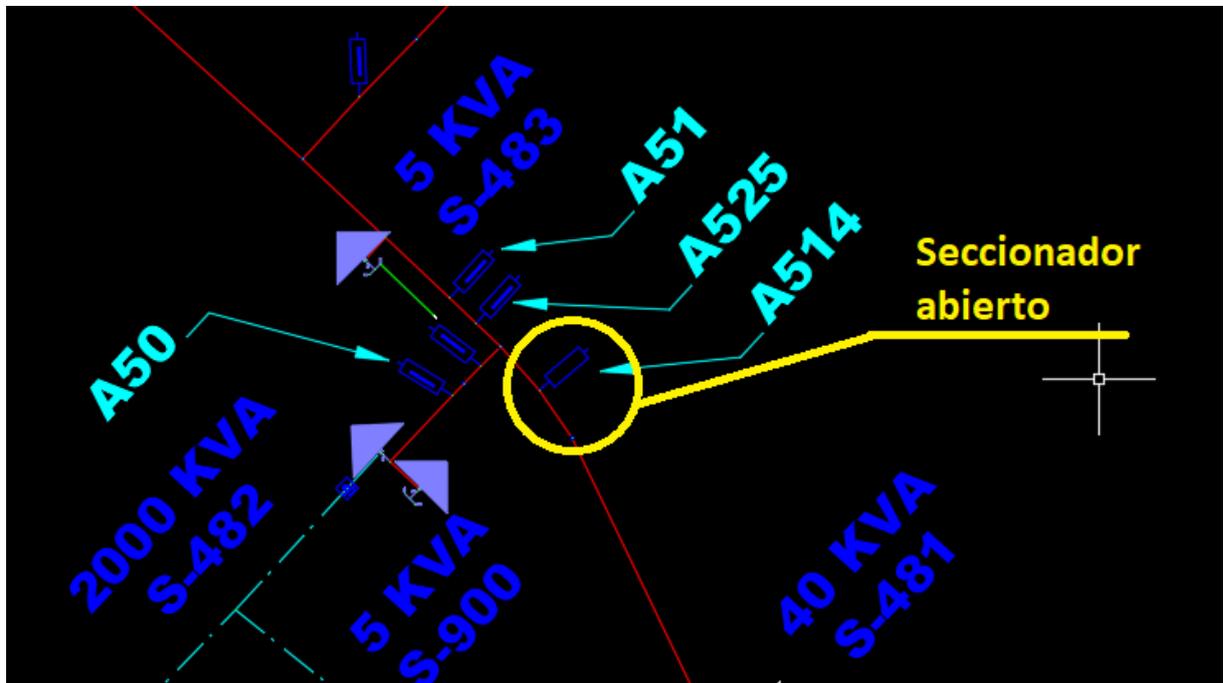


Figura 5.1.10 – Apertura de seccionador en el segundo ejemplo de cálculo



Figura 5.1.11 – Zona involucrada en el segundo ejemplo de cálculo

Luego mediante el séptimo paso se extrajeron los consumos todos los clientes resaltados en amarillo al crear la nueva topología (Figura 5.1.12).

```

Ejecutando consulta SQL...terminado.
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Se ha realizado consulta de 150 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Se ha realizado consulta de 38 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Se ha realizado consulta de 9 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Se ha realizado consulta de 0 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Se ha realizado consulta de 1 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Se ha realizado consulta de 7 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Se ha realizado consulta de 13 objeto(s).
Ejecutando consulta SQL...terminado.
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Se ha realizado consulta de 2 objeto(s).
Ejecutando consulta por ubicación...terminado.
Ejecutando consulta de propiedad...terminado.
Se ha realizado consulta de 2 objeto(s).0

```

Figura 5.1.12 - Cuadro de historial de comandos en AutoCAD, consultas realizadas

Luego, al ejecutar el comando “Estado de carga” de la paleta de herramientas, se abre nuevamente el cuadro de dialogo que ofrece realizar los ajustes pertinentes al cálculo y horario de interés. En este caso la consulta se realiza a las 21 horas a modo de muestra (Figura 5.1.13).

Figura 5.1.13 – Ajustes de consulta y cálculo

La curva de carga obtenida para la zona consultada es la que se observa en la figura 5.1.14. Puede observarse en la misma que se muestran las curvas de todos los tipos de clientes con la salvedad de los de tarifa T1RE. Es decir que la curva resultante está compuesta de todas las formas de consumo y se muestra una tendencia marcada por los clientes T3BT siendo ellos los que presentan mayores demandas de energía.

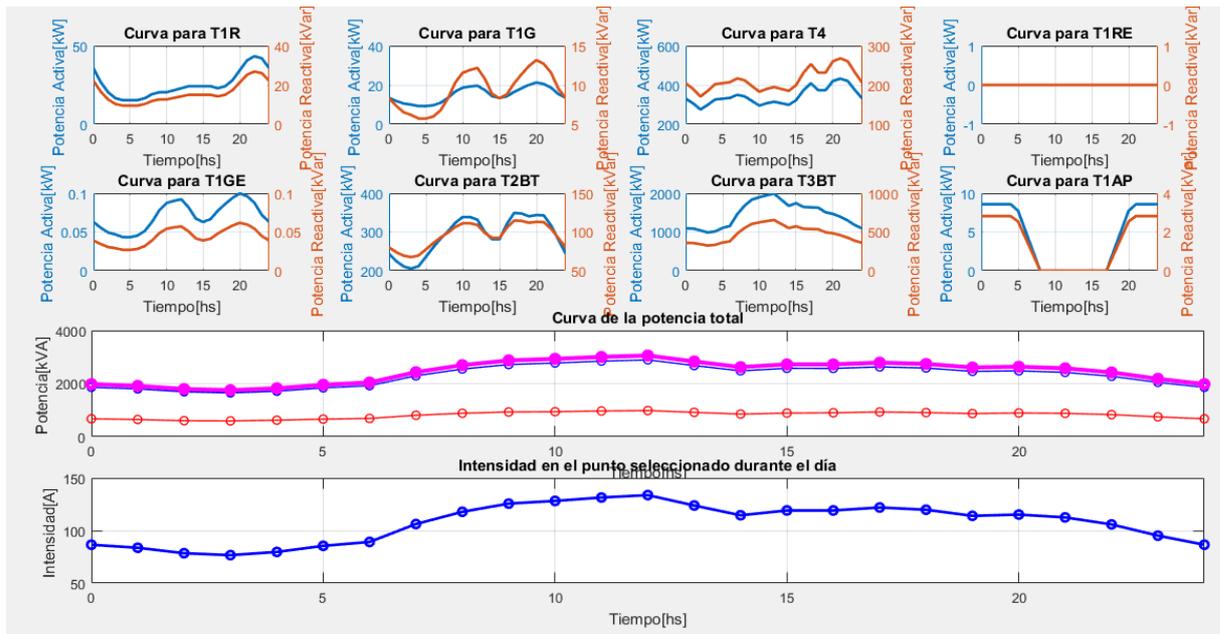


Figura 5.1.14 – Curvas de obtenidas para el segundo ejemplo de cálculo

Finalmente, se ejecuta el comando resultados de la paleta de herramientas de AutoCAD Map para mostrar en el alimentador seleccionado, que estado de carga se presenta a las 21 horas (Figura 5.1.15).

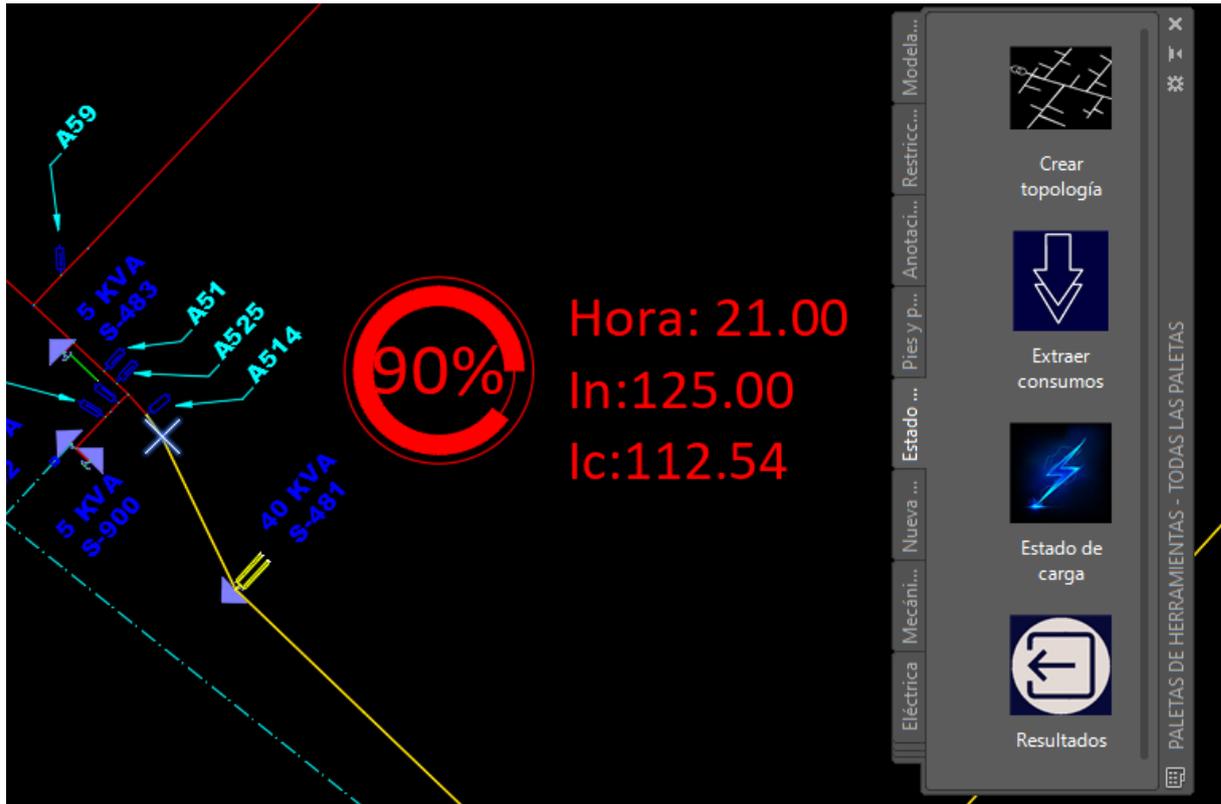


Figura 5.1.15 - Resultados del estado de carga del alimentador en horario consultado

Como se comentó en capítulos anteriores, para la realización del cálculo eléctrico se hicieron una serie de especulaciones, de las que se destaca el supuesto de pérdidas en la red. En el siguiente apartado se busca determinar si las pérdidas consideradas para el cálculo fueron correctas para el primer ejemplo de cálculo.

2 Cálculo de pérdidas en un caso particular por DigSilent

En los casos que se considere necesario conocer con exactitud el porcentaje de pérdidas en la red puede utilizarse un programa como DigSilent que permite realizar un flujo de carga de forma sencilla. A modo de verificar que las pérdidas supuestas en uno de los ejemplos de cálculo fueron correctas, se realizó la modelización de un tramo de la red mediante el software DigSILENT. Para la realización del flujo de carga se configuró la longitud de los conductores, valores de resistencia y reactancia, si el tendido era aéreo o subterráneo, características de los transformadores (25 [KVA], 63[KVA], 100[KVA], 200[KVA]), tensión de servicio entre otros parámetros que aseguran la credibilidad de los resultados obtenidos. En la Figura 5.2.1 puede observarse el entorno del software con el esquema de la red.

En la simulación del tramo, se consideró la carga que deben tener los usuarios en el horario de mayor demanda en general con el objetivo de que las pérdidas sean mayores. Para lo cual, según el tipo de tarifa, se les asignó un valor de potencia activa y reactiva de forma

que el cálculo se realice con los mismos valores de carga que la metodología planteada y que la diferencia en los resultados provenga solo de pérdidas en los conductores y transformadores.

El tramo de red elegido es el primer caso mostrado en el apartado 5.1 a modo de ejemplo de aplicación de la metodología. Los datos eléctricos y físicos del tramo son los siguientes:

$U_n=13,2[\text{kV}]$

Sección de los conductores: 25 [mm²]

Material de los conductores: Aleación de Aluminio

Características eléctricas de los conductores (tendido aéreo):

Resistencia 20°=1,163[ohm/km]

Resistencia 80°=1,44[ohm/km]

Inductancia=0,3993[ohm/km]

Impedancia homopolar=1,311+j1,47 [ohm/km]

Longitud de líneas:

Línea 3=3117,3[mts]

Línea 2=894,2[mts]

Línea 1=1745,2[mts]

Línea 4=733,1[mts]

Línea 5=172,35[mts]

Línea 9=568,72[mts]

Línea 7=327,5[mts]

Línea 8=1469,2[mts]

Línea 6=5454[mts]

Potencias activas y reactivas asignadas a las cargas:

Carga 4: P=49,53[kW] Q=30,7[kVAr]

Carga 5: P=21,65[kW] Q=13,41[kVAr]

Carga 6: P=0[kW] Q=0[kVAr]

Carga 2: P=3,46[kW] Q=1,14[kVAr]

Carga 3: P=6,96[kW] Q=2,28[kVAr]

Carga 1: P=5,52[kW] Q=1,81[kVAr]

Transformadores:

T6: 100[kVA] 13,2/0,4

T5: 200[kVA] 13,2/0,4

T4: 200[kVA] 13,2/0,4

T3: 16[kVA] 13,2/0,4

T1: 63[kVA] 13,2/0,4

T2: 25[kVA] 13,2/0,4

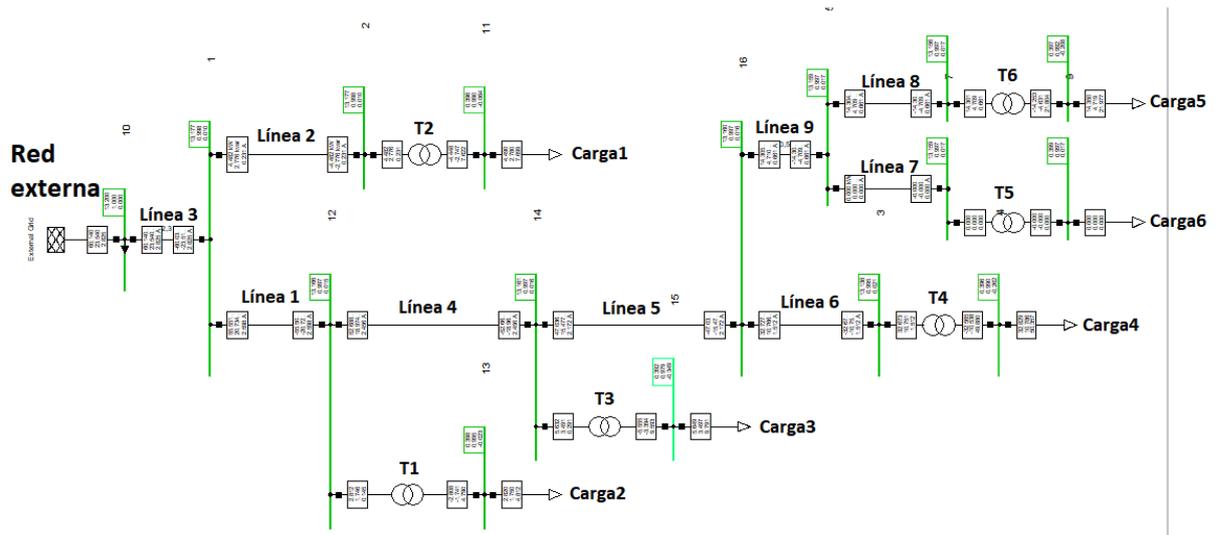


Figura 5.2.1 – Esquema eléctrico de un tramo de la red de Balcarce

Se hace mención a que los valores asignados a las cargas corresponden a la hora elegida en el cálculo realizado en ejemplo del apartado anterior (12 horas). Dicho esto, se realizó un flujo de carga que en bornes de la Red externa muestra los resultados observados en la Figura 5.2.2.

```
DIGSI/info - Element ' External Grid' is local reference in separated area of '10'
DIGSI/info - Element ' External Grid' is reference in 50,0 Hz-system
DIGSI/info - (t=-100:000 ms) Initial conditions calculated.
All calcula  Line3      Line3      Line3      Line3
Time        I:bus1/A   P:bus1/kW  Q:bus1/kvar S:bus1/kVA
-0.1000    2.8814    61.1474   24.5107   65.8770
```

Figura 5.2.2 – Resultados del flujo de carga en DigSilent

Mientras que las pérdidas calculadas por software fueron las de la Figura 5.2.3.

```

DIgSI/info - Newton-Raphson converged with 1 iterations.
DIgSI/info - Load flow calculation successful.
DIgSI/info - -----
DIgSI/info -      Report of Control Condition for Relevant Controllers
DIgSI/info - -----
DIgSI/info - Control conditions for all controllers of interest are fulfilled.
DIgSI/dpl  - Active Power Losses=0.511610
DIgSI/info - DPL program 'Pérdidas' successfully executed

```

Figura 5.2.3 – Pérdidas calculadas en la red por DigSilent

En resumen los resultados obtenidos por el software DigSilent son:

$$I = 2,88[A]$$

$$P = 61,15[kW]$$

$$Q = 24,51[kVAr]$$

$$S = 65,88[kVA]$$

$$Perdidas = 0,51[kW] \quad \text{es decir } 0,83\% \text{ de Pérdidas eléctricas}$$

Por los resultados encontrados en DigSilent se observa que el porcentaje de pérdidas que corresponde ingresar en la metodología para este caso es de 0,83%. En este caso, al tratarse de una red con poca demanda eléctrica la diferencia no es muy grande con la del supuesto de un 5% de pérdidas pero en casos de redes más extensas y con más usuarios y demanda las diferencias pueden ser considerables.

En el capítulo 3 se mencionó que las pérdidas estimadas en la localidad de Balcarce eran de aproximadamente entre un 5% y 6% pero por lo explicado en el párrafo anterior, para poder hacer una buena estimación el operador de la metodología debe analizar el tramo a estudiar en cuanto a la potencia que pueden demandar los usuarios, la longitud de la línea, la posibilidad de fraude entre otros factores. Es decir que los valores mencionados son solo a modo estimativo para el caso que fue estudiado por los autores del artículo y no es recomendable utilizar tales valores en todos los casos de la red.

VI Conclusiones y propuestas

La metodología propuesta pudo aprovechar los GIS desarrollados sobre la plataforma AutoCAD MAP y acceder a datos de los clientes como su consumo mensual/bimensual. El montaje de la metodología sobre la plataforma GIS, permitió observar la red de manera de seleccionar con total precisión que alimentadores analizar. Además, mediante el uso de topologías en dicha plataforma, se consiguió vincular a los usuarios de la red involucrados en el cálculo y mostrar gráficamente la zona seleccionada para el análisis.

Unos de los más importantes objetivos cumplidos en el desarrollo de la metodología es uso provechoso de los requisitos exigidos por la DPE en cuanto a datos y demás aspectos que componen la red digitalizada en la plataforma GIS. Es decir que se consiguió tomar como base de este proyecto herramientas y datos que ya estaban presentes y así su implementación resulta poco compleja.

En cuanto a la implementación del proyecto en distintas redes, se consiguió desarrollar cuadros de diálogo y acceso a distintos archivos con el fin de ajustar parámetros referidos a:

- La sustitución de curvas de carga por los posibles cambios de consumo, hábitos de la región, distintos factores climáticos que puedan afectar la forma de consumo y por obtención de curvas más precisas de las que se cuenta entre otras posibles circunstancias.

- Ajustes de pérdidas en las redes que pueden variar según la localidad, características de la red en cuanto a pérdidas técnicas y no técnicas o en el caso de suponer casos desfavorables (suponer altos porcentajes de pérdidas).

- Ajustes por factor de potencia de los consumidores que puede ser completamente diferente entre con los usuarios industriales con la posibilidad que realizar el cálculo con los supuestos más desfavorables (suponer factor de potencia bajo).

- Ajustes por energía no registrada de alumbrado público.

Otro importante objetivo alcanzado fue el desarrollo de una paleta con botones editados en cuanto a los iconos que los destacan visualmente y sus nombres que ayudan al entendimiento de sus funciones. Con solo cuatro comandos se consigue emplear la metodología obteniendo la curva de carga diaria del alimentador y su estado de carga en el horario consultado.

Como se mencionó previamente, se hace uso de la plataforma GIS en AutoCAD Map y una de sus características es que los datos referidos a los usuarios están vinculados al dibujo mediante una base de datos. Esto significa que tales datos pueden actualizarse mensualmente con solo cargar la planilla de vínculo y así realizar un seguimiento de los estados de carga registrados históricamente.

En resumen, se obtuvo una metodología que utiliza el consumo de los clientes como dato fundamental y consigue transformar esta energía en curvas de carga en simples pasos. Además, muestra los resultados obtenidos de forma gráfica junto a la red en el entorno de AutoCAD y con uso de colores y porcentajes representativos de los resultados para facilitar la tarea del operador.

1 Ventajas y desventajas de la metodología desarrollada

Este proyecto puede analizarse desde varias perspectivas de las cuales se destaca su complejidad o no de implementación. Es decir su fácil actualización en cuanto a datos, posibilidades de adaptación a cambios de la red, nuevas políticas en los periodos de facturación, dificultad o no para su aplicación y capacidad de análisis sobre cualquier punto de la red o en cualquier horario. Otros aspectos importantes son la exactitud y la precisión que se consiguen con los resultados, es decir que tan próximos a la realidad son los resultados obtenidos.

En este trabajo en cuanto al primer aspecto mencionado presenta buenas respuestas. La actualización de los datos que son utilizados para el cálculo se realiza todos los meses con la facturación a los clientes. Además cualquier cambio que se realice en la red como una ampliación debe ser cargado en GIS con lo cual, el botón "Crear topología" incorporará cualquier modificación en la red. Respecto a su implementación, la metodología es perfecta para su utilización en GIS con AutoCAD MAP. Solo se requiere copiar y pegar la carpeta del proyecto en la PC e instalar el programa que habilita el uso de MATLAB sin necesidad de descargar este software. Su capacidad de análisis es muy amplio, debido a que creando topologías se puede seleccionar cualquier punto de la red a sabiendas de que el análisis se realizará sobre toda la zona de interés (el resaltado en color de la red ayuda a asegurarse que la selección fue correcta). A este argumento se suma la posibilidad de cuadros de diálogo que permiten al usuario consultar por el estado de carga del punto solicitado en cualquier horario del día.

En cuanto a la exactitud de la metodología puede llegar a ser muy alta como no tan buena. La respuesta obtenida depende en gran medida de la representatividad que posean las curvas de carga para cada una de las tarifas y del error cometido en la estimación de la cantidad de días considerado para periodo de facturación. Si bien es cierto que estos parámetros son importantes para el cálculo, la posibilidad más importante que presenta la metodología es poder sustituir las curvas de carga de cualquiera de las tarifas.

En el caso de no contar con curvas de carga actualizadas o de otros sectores no se obtendrían buenos resultados con lo cual esta es una de sus mayores desventajas. Mientras

que otra desventaja pero en menor medida, es la necesidad de realizar apertura de seccionadores para crear la topología de forma correcta.

Otras desventajas referidas a la exactitud del cálculo son: el supuesto del factor de potencia constante y sectorizado solo por el nivel de demanda, debido a que el mismo puede variar a lo largo del día y usuarios con igual tipo de tarifa contratada pueden diferir en su factor de potencia; considerar que la forma de demanda es igual durante todos los días del mes sin discriminar días hábiles, sábados, domingos y feriado ni momentos del año; el desequilibrio que pueden presentar las cargas puede generar errores como una estimación de estado de carga de las fases por debajo del estado real en alguna de ellas.

Referido al uso del proyecto, una desventaja a considerar en la aplicación de la metodología es que en el cálculo siempre se consideran alimentadores trifásicos de 13,2[kV] de tensión de línea con lo cual no se puede ejecutar sobre líneas bifásicas ni monofilares con retorno por tierra.

2 Propuestas a para futuros trabajos

Como se mencionó previamente, una de las desventajas que podía presentarse al utilizar la metodología presentada es no contar con curvas de carga representativas. Existen aplicaciones que reciben los valores de potencia consumida hora a hora desde medidores inteligentes, junto a datos como tensión en las fases, corriente, cortes de energía, valores medios y pico, entre otros parámetros. Por lo tanto, complementar el proyecto con la lectura de energía transmitida desde registradores inteligentes puede ofrecer resultados exactos e interesantes para cualquier empresa de distribución. No solo los resultados serían más cercanos a los verdaderos si no que podrían actualizarse en periodos de tiempo más cortos (tiempo que demore el medidor en transmitir los datos). Estos datos permitirán realizar los cálculos considerando usuarios trifásicos y monofásicos, tener en cuenta los cortes de suministro de energía, el verdadero factor de potencia de los usuarios y hasta las pérdidas en red. Esta mejora involucraría cambios en la programación en MATLAB por la cantidad de datos asociados a cada usuario. A su vez, la información transmitida por los medidores debe poder ser adquirida por AutoCAD MAP de forma tal que pueda asociarla a cada usuario poseedor de tal registrador de energía.

Una opción alternativa es la creación de una base de datos con curvas de carga para todos los meses del año y que según el mes se pueda ingresar a curvas para días hábiles, sábados, domingos y feriados. Esto permite considerar los hábitos de consumo y aproximarse a la forma en que se demanda la energía a lo largo de un mes. Sumada a estas curvas de carga, resta crear una plantilla en la base de datos suministrada por la Cooperativa Eléctrica

de Balcarce que informe la duración del periodo de facturación y así eliminar ese error en el cálculo. Por último, a esta alternativa, se podrían realizar mediciones de campo en lugares estratégicos de la red para determinar las pérdidas en estos puntos y vincular estos datos a los objetos de dibujo para que el programa contemple las pérdidas según la zona que se está analizando.

Otro aspecto a mejorar es la simplificación de pasos para obtener los resultados que pueden llegar a ser poco prácticos al preparar la red abriendo seccionadores que limiten la creación de la topología.

Dentro de los estudios pertinentes a la mejora de este proyecto, queda abierta la posibilidad de realizar mediciones en las redes y mediante estadística comparar la metodología con los valores reales. De esta forma, determinar las fuentes de error más influyentes en los resultados y reducirlos.

3 Conclusiones

La metodología propuesta pudo aprovechar los GIS desarrollados sobre la plataforma AutoCAD MAP y extraer datos de los clientes como su consumo mensual/bimensual. Estos datos fueron utilizados por el software MATLAB para obtener el estado de carga de cualquier alimentador de la red consultado. Finalmente, los resultados se mostraron junto al punto analizado en el entorno de AutoCAD MAP.

Se implementó la metodología en un tramo de la red perteneciente a la Cooperativa de Electricidad de Balcarce, en donde se pudo observar los niveles de corriente alcanzados según el consumo de energía de sus clientes.

En síntesis, el programa desarrollado determina el estado de carga en los alimentadores que el operador desee de forma dinámica, con elementos gráficos y resultados orientativos a los valores reales. Por lo tanto, el trabajo alcanzó los objetivos mencionados al principio del proyecto de forma satisfactoria.

VII Anexo 1 - Aspectos Técnicos de la Información Solicitada [1]

Archivo de Nodos

Contendrá cada uno de los nodos del sistema y estará conformado por los siguientes datos.

Dato	Tipo de Dato	Descripción	Etapas
ID	N(10)	Numero que identifica al nodo. No se puede repetir con ningún otro nodo. Valores posibles: Mayor a 0 y menor a 10000000000	(1)
Coord X	N(20,15)	Valores posibles: Cualquier Coordenada en Lat/Long WGS-84	(1)
Coord Y	N(20,15)	Valores posibles: Cualquier Coordenada en Lat/Long WGS-84	(1)
Nivel de Tensión	N(5)	Tensión Nominal (volts) donde se encuentra el nodo Valores posibles: 132000, 66000, 33000, 13200, 6600, 400	(1)

Archivo de Líneas (Tramos)

Contendrá cada uno de las líneas (conductores) del sistema y estará conformado por los siguientes datos.

Dato	Tipo de Dato	Descripción	Etapas
ID	N(10)	Numero que identifica a la línea. No se puede repetir con ninguna otra línea. Valores posibles: Mayor a 0 y menor a 10000000000	(1)
ID_Nodo Inicial	N(10)	ID del nodo inicial de la línea. No importa el sentido de dibujo de la línea Valores posibles: ID de un nodo existente en <i>Archivo de Nodos</i>	(1)
ID_Nodo Final	N(10)	ID del nodo final de la línea. No importa el sentido de dibujo de la línea Valores posibles: ID de un nodo existente en <i>Archivo de Nodos</i> . No puede ser el mismo que el ID_Nodo_Inicial	(1)
Nivel de Tensión	N(6)	Valores posibles: Idem campo <i>Nivel de Tensión</i> en <i>Archivo de Nodos</i> El Nivel de Tensión de la Línea debe ser igual a la de los nodos extremos, salvo en el caso de existir un Elemento Transformador en uno de los dos Nodos, en cuyo caso, el Nivel de Tensión de la Línea del Lado de Alta debe ser igual al del Nodo, mientras que la Línea del Lado de Baja tiene un Nivel de Tensión inferior. Ver <i>Pag 4</i> , segundo ejemplo.	(1)
Longitud	N(8,2)	Longitud del Tramo en Metros Valores posibles: Mayor a 0 y menor a 999999.99	(1)
Coordenadas X;Y	N(20,15)	Coordenadas de cada uno de sus quiebres incluyendo el inicial y el final. La coordenada inicial debe coincidir con la coordenada del nodo inicial y la coordenada final con la del nodo final. Valores posibles: Cualquier Coordenada en Lat/Long WGS-84	(1)
Fecha Instalación	D	Valores posibles: Cualquier fecha válida menor a la de generación del archivo	(1)

Número de Acto Administrativo según Resolución 477/00	X(9)	Solo obligatoria cuando el año es >= al 01 de enero del 2001. Formato 9999/9999 donde los cuatro últimos dígitos corresponden al año con valores posibles mayores o iguales a 2001 y menor o igual al año informado. Con excepción de líneas de Baja Tensión.	(1)
Tipo de Línea	X(20)	Valores posibles: Aérea Convencional, Aérea Preensamblado, Aérea Compacta, Subterránea	(1)
Disposición	X(20)	Solo cuando Tipo de Línea es Aérea Convencional Valores posibles: Horizontal (También llamada Coplanar), Vertical (También llamada En Bandera), Triangular	(1)
Función	X(20)	Valores posibles: Distribución, Alumbrado Público, Mixto	(1)
Fase	X(3)	Valores posibles: R, S, T, RS, RT, ST, RST	(1)(2)
Material Fase	X(20)	Valores posibles: Cobre, Aluminio, Aleación de Aluminio, Acero, Aluminio/Acero, Acero Recubierto Zn, Acero Recubierto Cu, Acero Recubierto Al	(1)
Sección Fase	N(6,2)	Valores posibles: 4, 5.94, 6, 6.63, 6.65, 7.06, 8.35, 8.37, 9.4, 10, 10.55, 11.94, 16, 19.95, 25, 25.05, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 340, 380, 435, 550, 680	(1)
Neutro	X(1)	Valores posibles: S,N	(1)
Material Neutro	X(20)	Solo cuando campo <i>Neutro</i> es S Valores posibles: Cobre, Aluminio, Aleación de Aluminio, Acero, Aluminio / Acero	(1)
Sección Neutro	N(6,2)	Solo cuando campo <i>Neutro</i> es S Valores posibles: 4, 6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 340, 380, 435, 550, 680	(1)
Alumbrado Público (Conductor dedicado o también llamado "Cuarto Conductor")	X(1)	Solo cuando campo <i>Función</i> es Mixto Valores posibles: S,N	(1)
Material Alumbrado Público	X(20)	Solo cuando campo <i>Alumbrado Público (Conductor dedicado ...)</i> es S Valores posibles: Cobre, Aluminio, Aleación de Aluminio, Acero, Aluminio / Acero	(1)
Sección Alumbrado Público	N(6,2)	Solo cuando campo <i>Alumbrado Público (Conductor dedicado ...)</i> es S Valores posibles: 16, 25, 35, 50	(1)
Abastecimiento	X(10)	Valores posibles: Urbano:999, Rural:999 Donde 999 debe estar entre 0 y 100. La suma debe dar 100 Importante: Urbana incluye también Suburbana. La diferenciación entre Urbana y Rural debe ser realizada de acuerdo al Art. 12 del SubAnexo E del Contrato de Concesión	(1)
Soportes		Se refiere a los Soportes del Tramo	
Tipo	X(7)	Valores posibles: Ninguno, Poste, Ménsula	(1)
<i>Solo en caso de Poste</i>			
Especificación	X(10)	Valores posibles: Detallada, Resumida	(1)

Modelización de Redes de Distribución y Determinación del Estado de Carga de sus Principales Componentes a partir del Consumo de los Clientes

Ventre Nicolás A.

Cuando Especificación es Resumida		En este caso se debe describir el soporte predominante	
Material	X(20)	Valores posibles: Madera, Hierro Columna, Hierro Riel, Hormigón Armado	
Aislación	X(15)	Valores posibles: Suspensión, Perno Rígido, Line Post, Percha	
Fundación	X(1)	Valores posibles: S, N	
Comparte con otras Temas?	X(1)	Valores posibles: 0,1,2,3,A 0-Indica que no comparte con otra tema, 1,2 y 3 indican que comparte con una, dos o tres temas respectivamente y A indica que comparte con Alumbrado Público.	
Utilizado por Otro Servicio No Regulado?	X(1)	Valores posibles: S, N	
Cantidad de Soportes Predominantes	N(3)	Valores posibles: Entre 1 y 999	
Cantidad de Soportes Especiales	N(3)	Valores posibles: Entre 0 y 999	
Cuando Especificación es Detallada		En este caso se debe describir las características de cada soporte aunque en forma agrupada si comparten todos sus atributos.	
Denominación	X(20)	Valores posibles: Sostén, Sostén Angular, Sostén y Desvío, Sostén y Sostén, Retención Angular, Retención Doble, Retención Simple, Retención Terminal, Retención y Desvío	
Composición	X(15)	Valores posibles: Monoposte, Biposte, Triposte, Disposición A, Contraposte, Rienda	
Material	X(20)	Valores posibles: Madera, Hierro Columna, Hierro Riel, Hormigón Armado	
Aislación	X(15)	Valores posibles: Suspensión, Perno Rígido, Line Post, Percha	
Fundación	X(1)	Valores posibles: S, N	
Comparte con otras Temas?	X(1)	Valores posibles: 0,1,2,3,A 0-Indica que no comparte con otra tema, 1,2 y 3 indican que comparte con una, dos o tres temas respectivamente y A indica que comparte con Alumbrado Público.	
Utilizado por Otro Servicio No Regulado?	X(1)	Valores posibles: S, N	
Cantidad de Soportes	N(3)	Valores posibles: Entre 1 y 999	

Archivo de Elementos

Contendrá cada una de Elementos del sistema (Fuentes de Alimentación, Switches, Estaciones Transformadoras, Capacitores y Reguladores de Tensión) y estará conformado por los siguientes datos.

Dato	Tipo de Dato	Descripción	
Fuentes			
Tipo Elemento	X(15)	Valores posibles: Fuente	(1)
ID	N(10)	Numero que identifica al Elemento. No se puede repetir con ningún otro elemento. Valores posibles: Mayor a 0 y menor a 10000000000	(1)
ID_Nodo	N(10)	Valores posibles: ID de un nodo existente en Archivo de Nodos	(1)
Tipo	X(10)	Valores posibles: Punto de Compra, Generación	(1)
Fecha Instalación	D	Solo si es generación Valores posibles: Cualquier fecha valida menor a la de generación del archivo	(1)
Número de Acto Administrativo según Resolución 477/00	X(9)	Valores posibles: Ídem campo Nro Acto Administrativo según Res 477/00 en Archivo de Líneas	(1)
Clase		Solo si es generación Valores posibles: Combustión Intema, Eólica, Hidroeléctrica, Biomasa, Solar, Otro	(1)
Potencia (Kva)	N(5)	Solo si es generación Valores posibles: Mayores a 0 y menores a 100000	(1)
ET (Estaciones Transformadoras)			
Tipo Elemento	X(15)	Valores posibles: ET	(1)
Fecha Instalación	D	Valores posibles: Cualquier fecha valida menor a la de generación del archivo	(1)
Número de Acto Administrativo según Resolución 477/00	X(9)	Valores posibles: Ídem campo Nro Acto Administrativo según Res 477/00 en Archivo de Líneas Con excepción de E.T. Media Tensión / Baja tensión.	(1)
Estado ET	X(20)	En Servicio, Fuera de Servicio	(1)
Montaje	X(15)	Valores posibles: Monoposte, Plataforma, A Nivel, Subterránea	(1)
Nivel de Tensión de Entrada	N(6)	Se refiere al Nivel de Tensión del Alimentador de Entrada a la ET. Valores posibles: 132000, 66000, 33000, 19000, 13200, 7620, 6600	(1)
Cantidad de Alimentadores con Entradas Interiores en Servicio	N(2)	Valores posibles: Entre 0 y 10	(1)
Cantidad de Alimentadores con Entradas Interiores equipadas sin Servicio	N(2)	Valores posibles: Entre 0 y 10	(1)
Cantidad de Alimentadores con Entradas Exteriores en Servicio	N(2)	Valores posibles: Entre 0 y 10	(1)
Cantidad de Alimentadores con Entradas Exteriores equipadas sin Servicio	N(2)	Valores posibles: Entre 0 y 10	(1)
Salidas por cada Nivel de Tensión			
Nivel de Tensión	N(6)	Valores posibles: 66000, 33000, 19000, 13200, 7620, 6600, 400, 231	(1)
Cantidad de Alimentadores con Salidas Interiores en Servicio	N(2)	Valores posibles: Entre 0 y 10	(1)
Cantidad de Alimentadores con Salidas Interiores equipadas sin Servicio	N(2)	Valores posibles: Entre 0 y 10	(1)
Cantidad de Alimentadores con Salidas Exteriores en Servicio	N(2)	Valores posibles: Entre 0 y 10	(1)
Cantidad de Alimentadores con Salidas Exteriores equipadas sin Servicio	N(2)	Valores posibles: Entre 0 y 10	(1)
Transformadores			
Por cada transformador perteneciente a la ET ...			
ID	N(10)	Numero que identifica al Elemento. No se puede repetir con ningún otro nodo, línea ni elemento. Valores posibles: Mayor a 0 y menor a 10000000000	(1)
ID_Nodo	N(10)	Valores posibles: ID de un nodo existente en Archivo de Nodos	(1)
Fase	X(3)	Valores posibles: R, S, T, RS, RT, ST, RST	(1)(2)
Potencia Nominal (Kva)	N(8,2)	Valores posibles: 5,10, 15, 16, 20, 25, 30, 40, 50, 63, 75, 100, 125, 150, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 5000, 7500, 10000, 15000, 20000, 30000, 44000	(1)
Regulador Bajo Carga?	X(1)	Valores posibles: S, N	
Tiene Tercer Arrollamiento?	X(1)	Valores posibles: S, N	
Relación de Transformación	X(15)	Valores posibles: 132000/33000/13200, 132000/66000, 132000/33000, 132000/13200, 66000/33000/13200, 66000/33000, 66000/13200, 33000/19000, 33000/13200, 33000/6600, 33000/400, 19000/231, 13200/7620, 13200/6600, 13200/400, 13200/231, 7620/231, 6600/400	(1)
Estado Transformador	X(20)	En Servicio, En Servicio Pasivo	(1)
Switches			
Tipo Elemento	X(15)	Valores posibles: Switch	(1)
ID	N(10)	Numero que identifica al Elemento. No se puede repetir con ningún otro nodo, línea ni elemento. Valores posibles: Mayor a 0 y menor a 10000000000	(1)

Modelización de Redes de Distribución y Determinación del Estado de Carga de sus Principales Componentes a partir del Consumo de los Clientes

Ventre Nicolás A.

ID_Nodo	N(10)	Valores posibles: ID de un nodo existente en Archivo de Nodos	(1)
Estado	X(1)	Indica si esta Abierto o Cerrado Valores posibles: A, C	(1)
Fase	X(3)	Valores posibles: R, S, T, RS, RT, ST, RST	(1) (2)
Tipo	X(20)	Valores posibles: Seccionador, Seccionalizador, Bomerera Seccionable, Fusible, Interruptor, Puente, Reconectador	
Telecomandado?	X(1)	Valores posibles: S, N	
Capacitores			
Tipo Elemento	X(15)	Valores posibles: Capacitor	(1)
ID	N(10)	Numero que identifica al Elemento. No se puede repetir con ningún otro nodo, línea ni elemento. Valores posibles: Mayor a 0 y menor a 10000000000	(1)
ID_Nodo	N(10)	Valores posibles: ID de un nodo existente en Archivo de Nodos	(1)
Fase	X(3)	Valores posibles: R, S, T, RS, RT, ST, RST	(1) (2)
Potencia Total	N(4)	Valores posibles: Mayor o igual a 1 y menor o igual a 9999	(1)
Tipo	X(10)	Valores posibles: Automático, Manual	(1)
Conexión	X(10)	Valores posibles: Serie, Paralelo	(1)
Reguladores de Tensión			
Tipo Elemento	X(15)	Valores posibles: Regulador	(1)
ID	N(10)	Numero que identifica al Elemento. No se puede repetir con ningún otro nodo, línea ni elemento. Valores posibles: Mayor a 0 y menor a 10000000000	(1)
ID_Nodo	N(10)	Valores posibles: ID de un nodo existente en Archivo de Nodos	(1)
Fase	X(3)	Valores posibles: R, S, T, RS, RT, ST, RST	(1) (2)
Potencia Total	N(4)	Valores posibles: Mayor o igual a 1 y menor o igual a 9999	(1)
Control	X(10)	Valores posibles: Automático, Manual	(1)

VIII Anexo 2 - Curvas de carga en trabajos internacionales

A continuación, se presentan trabajos relacionados a la temática en cuestión que se han desarrollado en distintos países de Sudamérica. En muchos de estos trabajos se cuenta con herramientas como equipos de medición y metodologías ya comprobadas para la determinación de curvas de carga. Con lo cual, muchas de ellas pueden servir como referencia para emplearse en la ejecución de la metodología en las regiones que fueron realizados.

Título: ESTIMACION DE CURVAS DE DEMANDA DE CONSUMIDORES, TRANSFORMADORES Y ALIMENTADORES PRIMARIOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION [6]

Se presenta una metodología para la estimación de curvas de demanda de potencia diaria a nivel consumidor, transformador y alimentador primario. La estimación de las curvas toma como referencia mediciones de demanda de consumidores representativos, suministradas por empresas de distribución. Los distintos consumidores representativos se los clasifica en residenciales, comerciales e industriales y dentro de esas clases se los sub-clasifica por la cantidad de energía consumida mensualmente. Las curvas estimadas del alimentador son comparadas con las mediciones realizadas por las empresas obteniéndose un factor de corrección para aplicar a cada curva del consumidor y transformador.

Metodología:

En este trabajo es muy importante el empleo de equipos de medición en distintos puntos de la red para la determinación de las curvas de carga para cada clase y sub-clase. Partiendo de dichas mediciones, mediante estadística se obtiene una curva de valor medio y otra de la su desviación estándar para cada tipo de consumidor. Los siguientes pasos tienen gran similitud con la metodología propuesta en el presente proyecto. Para poder realizar ajustes del cálculo, se dividen las curvas representativas por la potencia base, la cual se obtiene por la expresión 8.1:

$$P_{base} = \frac{1}{24} \int_1^{24} M(t) dt = \frac{\text{consumo mensual}(kWh)}{24 \times 30} \quad (8.1)$$

Donde $M(t)$ es la curva media de demanda.

De esta forma se obtienen las curvas representativas de cada clase y sub-clase media y con su desviación estándar en por unidad. Con ellas y el consumo mensual de los distintos consumidores, que se ajusta mes a mes, se consiguen las curvas de cada clase.

Para obtener la curva de carga que se presenta en los transformadores y alimentadores se suman hora a hora las curvas de los distintos consumidores que son abastecidos. Luego, por medio de mediciones se compara el valor calculado con el real para obtener un factor de corrección que varía hora a hora con el que se obtiene finalmente la demanda más próxima a la real. Para las redes de grandes dimensiones se deben considerar las pérdidas en la misma, que se determinan mediante un flujo de carga además de pérdidas correspondientes a los transformadores, que contienen pérdidas fijas y variables con la carga.

Resultados obtenidos:

Por último, el trabajo expone los resultados obtenidos para un ejemplo de cálculo para un alimentador real en Sao Pablo, Brasil. (Figuras 8.1, 8.2, 8.3 y 8.4)

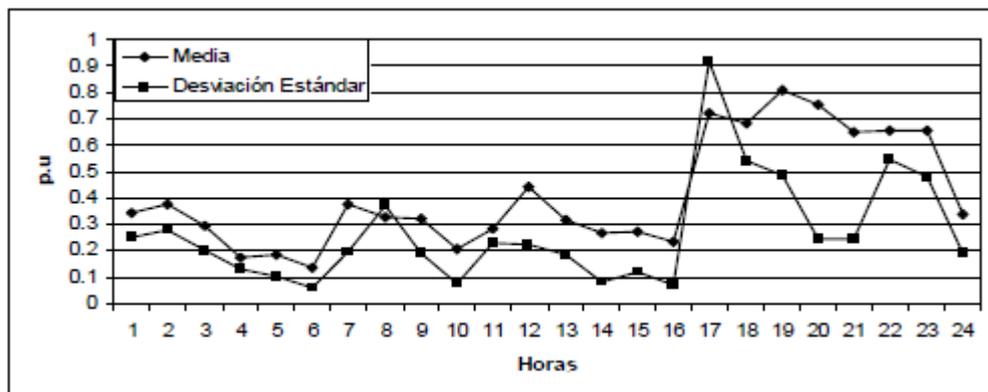


Figura 8.1- Curva de un consumidor residencial en un día ordinario [6]

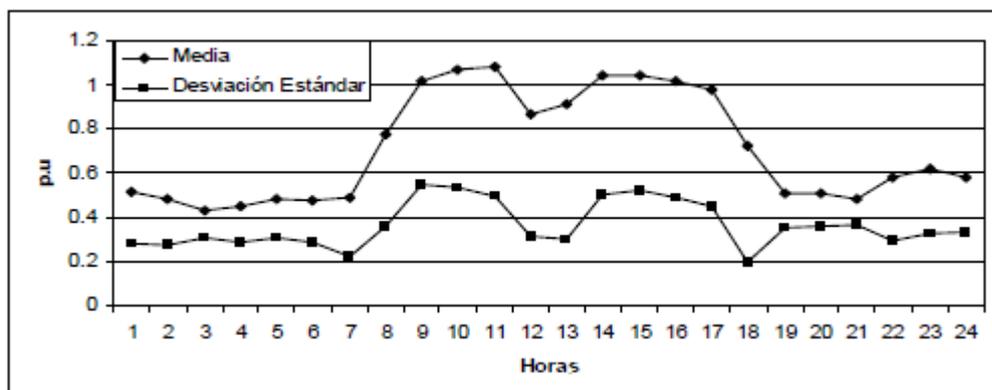


Figura 8.2 - Curva de un consumidor comercial en un día ordinario [6]

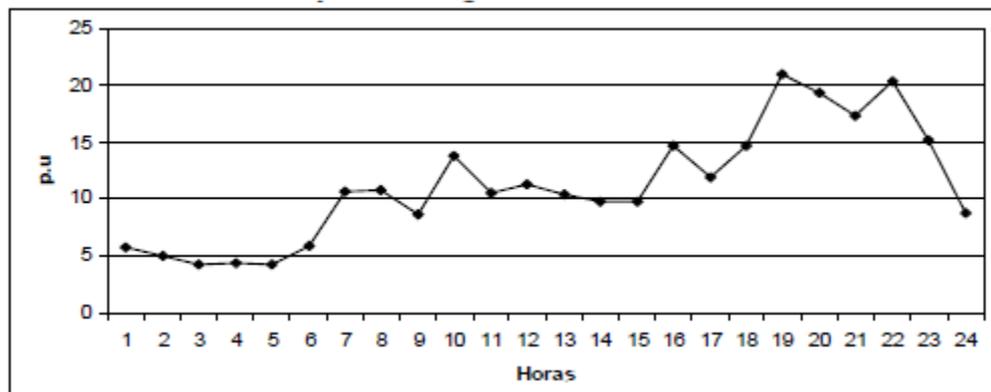


Figura 8.3- Curva de un transformador en un día ordinario [6]

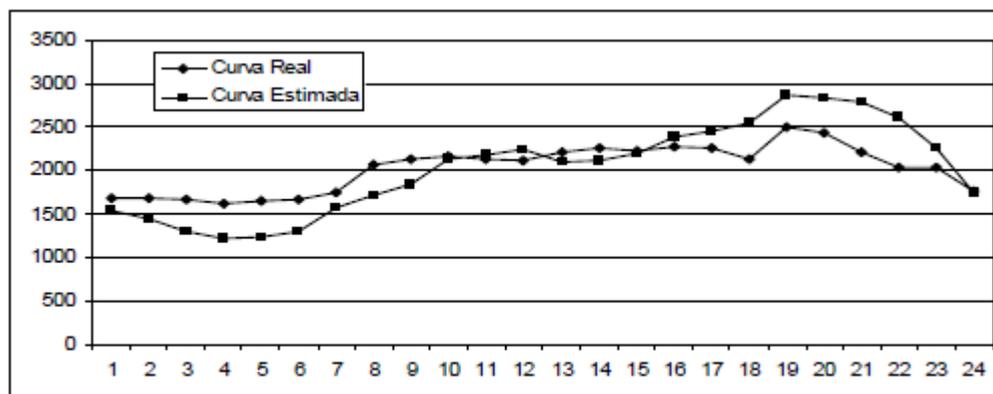


Figura 8.4- Curva de un alimentador en un día ordinario (Curva real-Curva estimada) [6]

Título: ANALISIS DE ESTACIONALIDAD DE LA CURVA DE DEMANDA PARA CLIENTES BT-1 [9]

Se mencionan distintos métodos para la determinación de curvas de carga representativas de los clientes en BT, eligiéndose el método por estratos.

Luego se presentan distintas propuestas para elegir el tamaño de una muestra representativa de la población bajo estudio.

Una vez que se encuentran los puntos en donde efectuar las mediciones, se describen los pasos a tener en cuenta para realizarlas. Con los valores obtenidos se realiza una minería de datos para luego interpretarlos. Se describen tres formas de realizar la minería de datos junto a cuatro experiencias previas de campañas de medición junto con las curvas de carga obtenidas en caso.

Finalmente se realiza un estudio en Chile de las curvas de carga para distintos meses, errores en la estimación y un modelo matemático para simular estas curvas. A partir de las curvas se realiza un análisis del cobro en la factura por la hora pico, en el que se determina que tipos de clientes demandan más energía durante el invierno en contraste a los niveles del verano.

Recolección de datos

La base de datos cuenta con un total de 1.050 mediciones de energía activa y reactiva de clientes BT-1, efectuadas en intervalos de 1 hora (en principio era cada 15 minutos, pero luego se integraron las medidas para que la base de datos no sea tan grande) entre los meses de abril de 1999 y marzo de 2000. Estas mediciones presentaron horarios en los que se desconocían los valores de potencia obtenidos y en otros casos las mediciones presentaban valores que eran incompatibles con los valores esperados o medios para el tipo de consumidor. Por tal motivo se llegó a un resultado de 398 mediciones válidas para los objetivos de esta memoria.

Dada la cantidad de datos que se disponen se seleccionó un día típico para realizar el estudio, ya que manejar demasiada información puede afectar el desarrollo de la minería de datos. Por ello, y porque el estudio se quiere realizar para cada mes, se calcula un día promedio mensual para cada cliente, ya que pueden existir días con consumos atípicos y la selección de un solo día puede arrojar resultados no representativos. Este punto es también relevante para el presente proyecto, ya que al trabajar con curvas de carga se debe elegir un día representativo para obtener la mejor aproximación posible al estado de carga real. En el trabajo de análisis de estacionalidad de clientes BT-1 la selección de día típico corresponde a los días miércoles, utilizando como criterio que para el mes de julio, que corresponde al de máxima demanda de la muestra, la curva promedio de los días miércoles resulta ser la curva que posee la demanda más elevada en el periodo de horas de punta.

Metodología

Parte del proceso de cálculo es la transformación de datos, en donde las curvas deben ser comparables con respecto a su forma, sin considerar la magnitud de cada una de ellas y como se está trabajando con medidas de distancia, se requiere que los valores se encuentren normalizados en una misma escala. Esta transformación se realiza tomando los datos de una curva y dividiéndolos por su máximo valor. De este modo se logra que todas las curvas puedan

ser comparables por su forma en el tiempo y además la anti-transformación resulta simple, ya que sólo hay que multiplicar por el valor máximo de cada curva.

Una vez transformados los datos, se debe determinar el número de clusters, es decir, la cantidad de días miércoles promediados por mes y para tal fin se escogió el empleo del índice de Davies-Bouldin, el cual se desarrolla mediante el software MATLAB ya que ha sido utilizado en estudios previos de caracterización de clientes. Además, MATLAB posee algunos *toolbox* con herramientas de clustering. Así, los datos son cargados a MATLAB en forma matricial, con 398 filas, que representarán a los clientes y 24 columnas, que corresponderán a las mediciones horarias normalizadas. De esta forma se obtienen valores del índice de Davis-Bouldin para cada mes y para cada cantidad de clusters para luego promediarlos. Se obtiene que para 4 clusters, el índice toma el valor más bajo y por lo tanto es el número de clusters óptimo.

Resultados obtenidos

Finalmente mediante la técnica Fuzzy C-Means, elegida por contar con los datos en forma matricial en MATLAB, se obtienen curvas para los 4 clusters en cada mes del año. Los resultados se observan en la figura 8.5.

En la figura 8.6 se observa la existencia de cuatro perfiles de consumo bien definidos. Tres de ellos tienen la forma característica de un consumo residencial, identificadas por el color azul, verde y rojo, que se diferencian en el uso medio de la potencia (o factor de carga) y en el instante en que ocurre la máxima demanda. En estas curvas se observa un desplazamiento horario estacional que posiblemente está correlacionado con las horas de luz de cada día, ya que en los meses de invierno el aumento de la potencia ocurre más temprano que en los meses de verano. Otro resultado visible corresponde a la estacionalidad del uso medio de la potencia, ya que se observa que en los meses de verano las curvas tienden a ser más planas. Este fenómeno puede deberse en gran medida a que en los meses de invierno se utiliza más iluminación eléctrica y artefactos de calefacción. El cuarto consumo típico, identificado con el color celeste, que también se repite a lo largo de los meses del año, corresponde a una curva característica comercial. Se observa que esta curva, a diferencia de las otras, no posee una estacionalidad horaria. Sin embargo, el fenómeno de la estacionalidad del uso medio de la potencia es inverso al que ocurre con las curvas residenciales, ya que en los meses de invierno la curva tiende a ser más plana que en los meses de verano. Este resultado puede ser provocado porque este tipo de clientes efectúa un mayor uso de equipos de refrigeración y/o aire acondicionado.

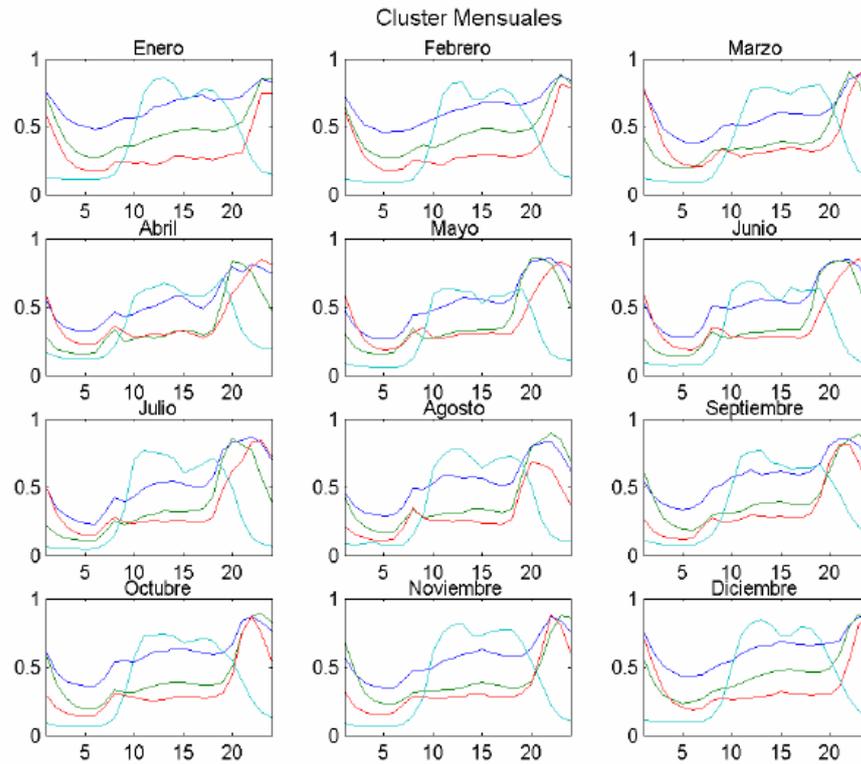


Figura 8.5- Perfiles mensuales típicos [9]

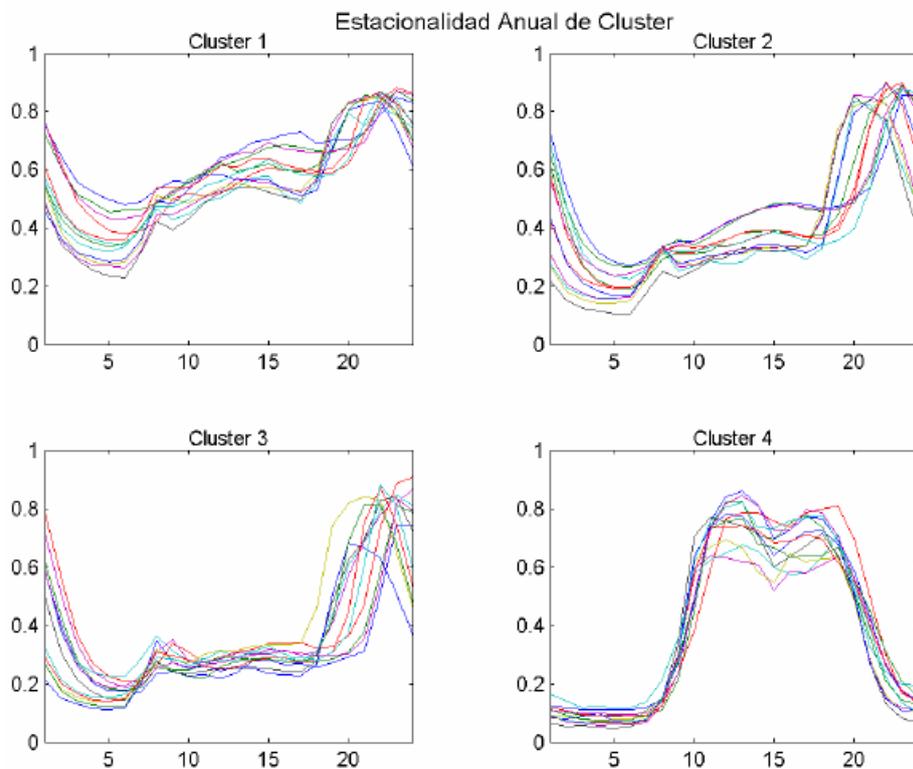


Figura 8.6- Movimiento estacional de cada cluster [9]

Una vez que se cuentan con estos resultados se realiza un análisis de supuestos del cobro por energía adicional de invierno como cierre del proyecto. En este proyecto, se encuentran similitudes en el empleo del software de cálculo y en la transformación de los datos en por unidad lo que permite reconstruir las curvas con facilidad.

Título: CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA Y APLICACIÓN DE RESULTADOS EN LA SELECCIÓN DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN [10]

Se caracteriza la demanda de energía eléctrica del municipio de La Ceja del Tambo, identificando la forma y magnitud de la curva de carga partiendo de la medición de energía en los transformadores de distribución pertenecientes al sistema eléctrico del municipio.

Para obtener las curvas de carga definitivas, primero se estudian los datos obtenidos controlando que no haya errores sospechosos y se realiza una minería de datos. Se compara la forma y magnitud de las curvas con curvas standard eliminando las que no se asemejan. Luego se realiza una superposición aplicando el método de Kendall W de las curvas obtenidas.

Conociendo los tipos de usuarios que son abastecidos por cada S.E. se determinan las curvas correspondientes a clientes del tipo comercial, industrial y residencial.

El trabajo tiene como finalidad que estas curvas de carga le permitan al operador de red facilitar los procesos de planeación, diseño, operación y comercialización para la toma de decisiones acertadas con relación a sus proyecciones de demanda, optimización del parque de transformadores y redes, diseño de redes con inversiones recuperables y el desarrollo de planes de mantenimiento y reposición óptimos.

Recolección de datos

En la tabla 8.1 se observan las mediciones realizadas y las mediciones planeadas.

Municipio	Mediciones planteadas por UNAL	Mediciones realizadas por EPM	No. De mediciones no realizadas
El Santuario	17	15	2
Guarne	21	18	3
La Ceja	23	20	3
La Unión	12	11	1
Rionegro	60	54	6
Total	133	118	15

Tabla 8.1- Relación de mediciones planeadas y mediciones realizadas [10]

De las distintas curvas de carga que se presentaron para cada transformador, analizando un comportamiento típico en cada uno de ellos, se procedió a descartar 25 de ellos por presentar curvas irregulares en su forma y magnitud respecto de las típicas.

Metodología

Por medio de la aplicación del test de Kendall W, las curvas a nivel regional se agruparon de acuerdo a la similitud identificada por superposición e inspección visual, se clasificaron como muestra la figura 8.7.

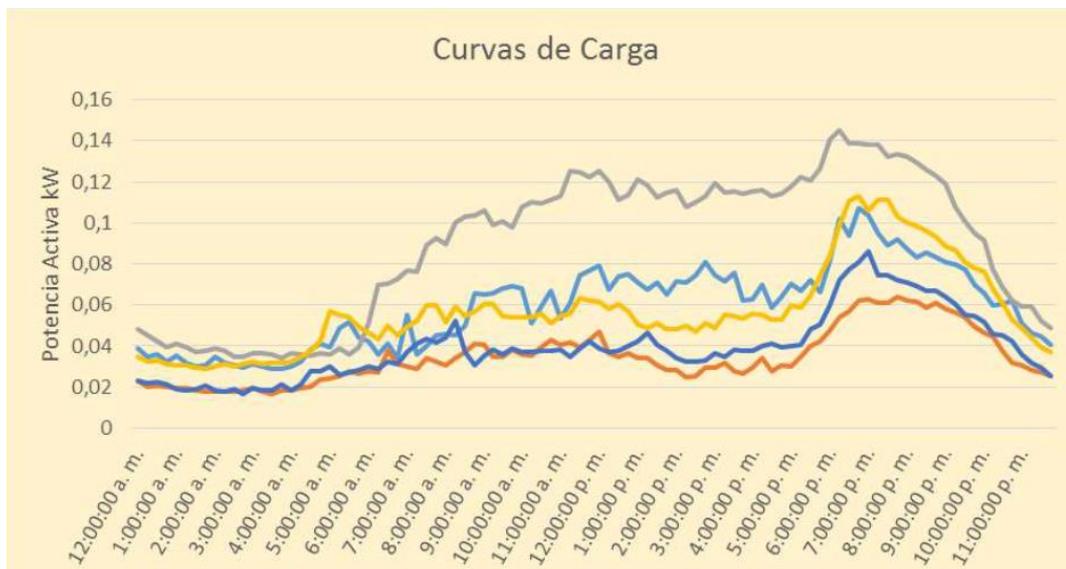


Figura 8.7- Curvas de carga superpuestas con algún grado de similitud [10]

Finalmente, teniendo en cuenta solo las curvas con un comportamiento representativo de una demanda típica, se realiza una nueva clasificación obteniéndose dos clases de curva de carga en p.u. que se identificaron considerando una concordancia del 80% o más.

Resultados obtenidos

Se obtienen curvas de carga para la clase 1 y 2 en días hábiles y no hábiles, las mismas se observan en las figuras 8.8, 8.9, 8.10 y 8.11.



Figura 8.8.- Característica Curva 1 día hábil [10]



Figura 8.9.- Característica Curva 2 día hábil [10]



Figura 8.10.- Característica Curva 1 día no hábil [10]



Figura 8.11.- Característica Curva 2 día no hábil [10]

Con las curvas obtenidas para la región del Oriente Antioqueño, se clasifican los transformadores del municipio de la Ceja del Tambo, de acuerdo a su forma y magnitud. La tabla 8.2 expone los resultados.

Curva forma 1						
Número Transformador	N° USUARIOS	COMERCIAL	%	RESIDENCIAL	%	INDUSTRIAL
68775	32	0	0,0	32	100,0	0
221277	58	25	43,1	33	56,9	0
268067	48	14	29,2	34	70,8	0
587044	23	0	0,0	23	100,0	0
221290	23	1	4,3	22	95,7	0
Curva forma 2						
221002	26	0	0,0	26	100,0	0
221005	5	0	0,0	5	100,0	0
221029	38	1	2,6	37	97,4	0
221032	31	4	12,9	27	87,1	0
221228	38	1	2,6	37	97,4	0
221305	32	3	9,4	29	90,6	0
221501	16	0	0,0	16	100,0	0
227585	31	0	0,0	31	100,0	0
230293	23	0	0,0	23	100,0	0
426544	84	6	7,1	78	92,9	0

Tabla 8.2 - Clasificación de los transformadores de La Ceja del Tambo por tipo de curva [10]

Título: CARACTERIZACION DE LA CURVA DE CARGA EN EL SECTOR SUR ORIENTE DE ECUADOR [11]

Se obtienen las curvas de carga para los distintos tipos de clientes sean industriales, comerciales o residenciales. Se utiliza un método llamado Auditoria donde se asume que el consumo de energía de un sector está determinado por dos variables básicas, la cantidad de equipos eléctricos presentes y los modos de uso de los mismos. El mismo presenta diferentes etapas según el tipo de cliente.

Finalmente se obtienen curvas de carga correspondientes a los 3 sectores.

Recolección de datos

Para obtener las curvas de carga se presentan dos métodos según sean clientes residenciales y comerciales o industriales. Esto se debe a que se espera que el comportamiento energético de los usuarios residenciales y comerciales sea similar entre ellos ya que el tipo de cargas que utilizan responden a necesidades típicas de las personas. En cambio, en el sector industrial, las cargas varían en gran medida en cuanto a su volumen y al horario en que actúan según la industria de la que se trate.

Metodología

Para los sectores residenciales y comerciales se realizó un estudio en el que se determinó cuáles eran las cargas comúnmente utilizadas y en que horarios. Una vez que se clasificaron las cargas a tener en cuenta. Se completaron panillas como la que se observa en la figura 8.12.

RESIDENCIAL											
Nombre del Cliente				# Encuesta							
Dirección				# Medidor:							
Sector				Consumo promedio:							
Encuestador				Teléfono:							
ILUMINACIÓN											
				Pot.	#	F2	1	2	22	23	24
Incandescentes											
ARTEFACTOS ELÉCTRICOS											
Nombre	Marca	Tamaño	Pot.	F1	F2	1	2	22	23	24	
TV				x							
Equipo de Música				x							
Radiograbadora		x		x							
Computadora				x							

Figura 8.12- Panilla de la encuesta [11]

Una vez que se determinaron los equipos a tener en cuenta para formar la curva de carga se pasó a calcular el tamaño de la muestra por la expresión 8.2.

$$C_e = P \cdot F_u \cdot t \quad 8.2$$

Donde:

Ce: consumo diario

P: potencia de consumo del dispositivo eléctrico

Fu: factor de uso = $K_f \cdot F$ (determinado a partir de K_f ; factor de uso en el intervalo de graduación F; factor de uso mensual)

t: duración del intervalo

En cuanto al sector industrial la muestra a considerar no fue del tipo probabilístico y está determinada por aquellos clientes con mayor peso ya que influyen en gran medida la forma final de la curva.

Dentro de la muestra se clasifica a los industriales según el Código Internacional para Industrias Uniforme (CIIU) que se basa en la actividad que realiza cada industria. En la tabla 8.3 se observa la clasificación de las mismas.

Código CIIU	Descripción
11	Industrias de la agricultura
31	Industrias de alimentos
32	Industrias de textiles y productos de cuero
33	Industrias de la madera y sus productos
34	Industrias del papel y sus productos
35	Industrias químicas y derivados del petróleo
36	Industrias de la cerámica
37	Industrias metálicas básicas
38	Industrias de productos metálicos
62	Estaciones de Servicio
95	Talleres, oficinas, bodegas

Tabla 8.3 - Clasificación de los industriales según el CIIU [11]

Resultados obtenidos

Finalmente se presentan las curvas de carga representativas de los sectores residencial, comercial e industrial que pueden verse en las figuras 8.13, 8.14 y 8.15 respectivamente.

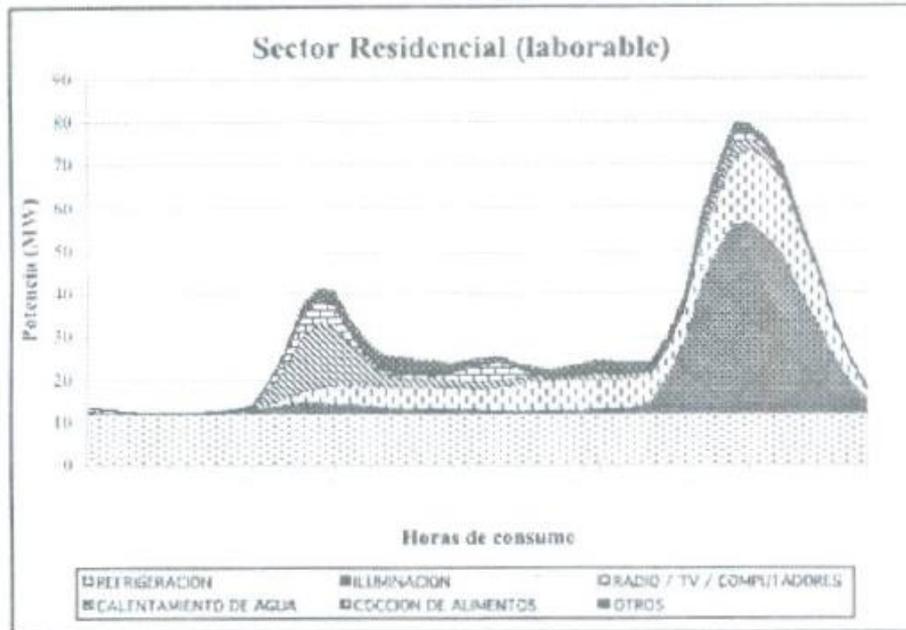


Figura 8.13 - Curva de carga del sector residencial [11]

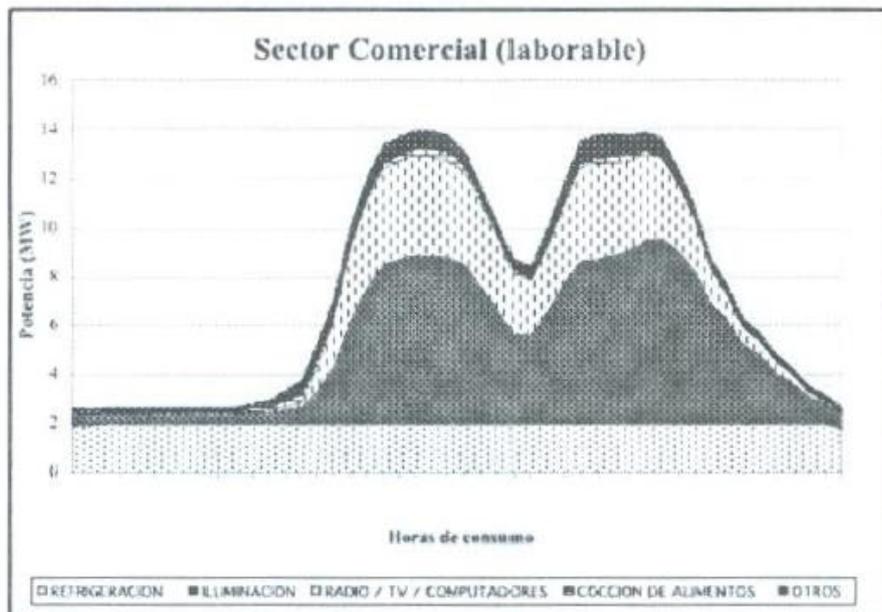


Figura 8.14 - Curva de carga del sector comercial [11]

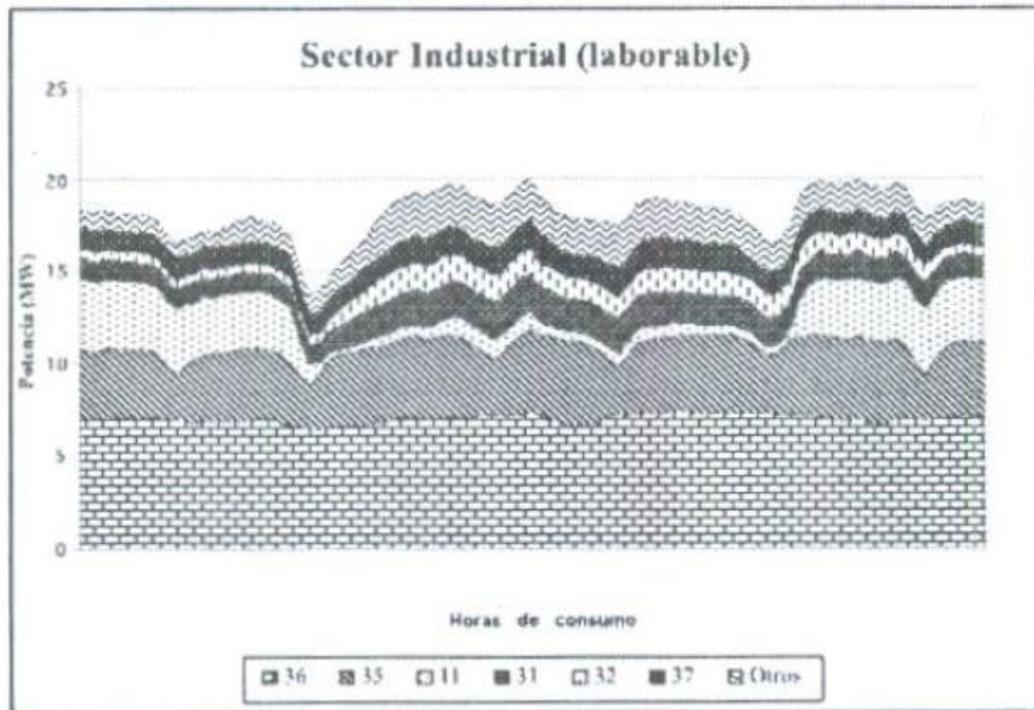


Figura 8.15 - Curva de carga del sector industrial [11]

Título: METODOLOGÍA PARA MODELAJE DE CURVAS TÍPICAS DE DEMANDA ELÉCTRICA UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES CONSIDERANDO VARIABLES CLIMÁTICAS [12]

Este proyecto tiene como objetivo el modelaje de curvas de carga a lo largo de un día para distintas clases y subclases, entre las que se destacan los usuarios rurales. Para tal cometido, emplean redes neuronales que toman como variables las condiciones climáticas como la temperatura mínima y máxima y el horario de la salida y puesta del sol, entre otras.

Al obtener curvas cercanas a las reales, se busca prever los horarios de demanda máxima y mínima para escenarios climáticos diferentes en alimentadores de distribución. Esta información, además, puede servir de base para la operación y planificación de los mismos.

Recolección de datos

El primer paso fue elegir consumidores aleatorios y agruparlos en clases y subclases, de acuerdo con sus actividades predominantes y rango de consumo medio de 12 meses de mediciones. A continuación, en la figura 8.16, se observa la diversidad de tipos de usuarios.

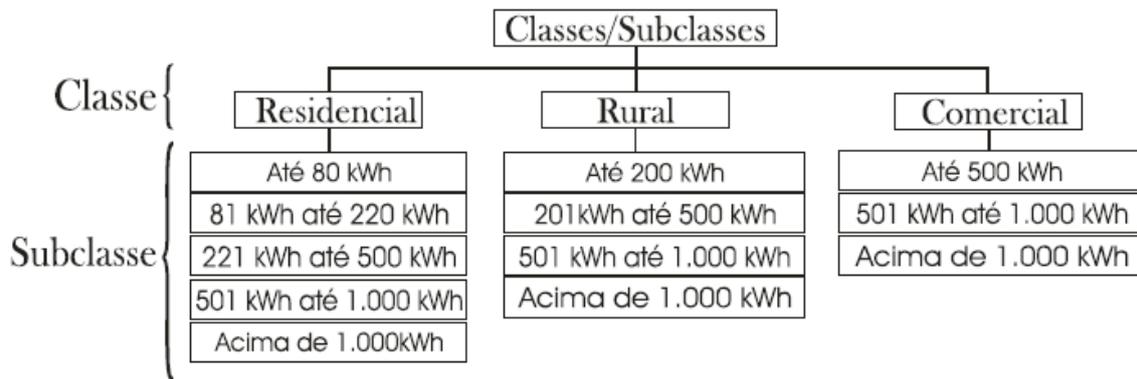


Figura 8.16 – Muestra dividida en clases y subclases [12]

Definidas las clases y subclases, se realizan mediciones en cada uno de ellos durante un año. Las mediciones se efectúan cada una hora durante todos los días del año, diferenciando potencia activa de potencia reactiva. Al mismo tiempo, se realizan registros de las condiciones climáticas, con lo cual se puede observar en qué condiciones climáticas se observa cada cantidad de energía demandada.

Metodología

La metodología consiste en almacenar las informaciones climáticas y muestras de mediciones de demanda (kW y kVAR). Luego, se modelan y escogen las Redes Neurales que presenten un mejor desempeño para cada clase y subclase, de acuerdo con las muestras archivadas en un principio. Se considera como criterio para elegir la red de mejor desempeño, aquella que presentaba el menor error promedio y desviación estándar. Una vez establecida una Red Neural con el menor error, se utilizan variados datos climáticos (entrada) para obtener la curva típica de acuerdo con las características climáticas del día de interés. Finalmente se representa la curva generada (datos de salida) para clase / subclase analizada.

Resultados obtenidos

Se obtienen las curvas de potencia activa y reactiva para para días calurosos y fríos para cada una de las clases, es decir usuarios residenciales, rurales y comerciales con sus respectivas subclases en energía diaria consumida.

Considerando que de este trabajo resulta de interés el comportamiento que presentan los usuarios rurales, a continuación en las figuras 8.17, 8.18, 8.19 y 8.20 se aprecia su comportamiento para distintos niveles de demanda.

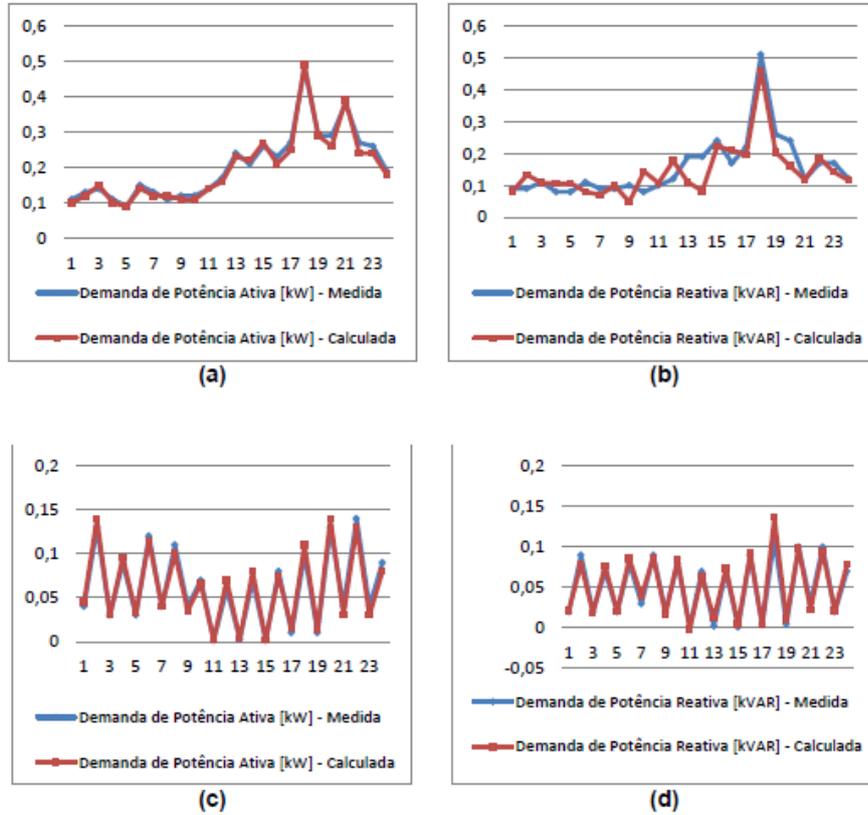


Figura 8.17 – Rural hasta 200 [kWh] [12]

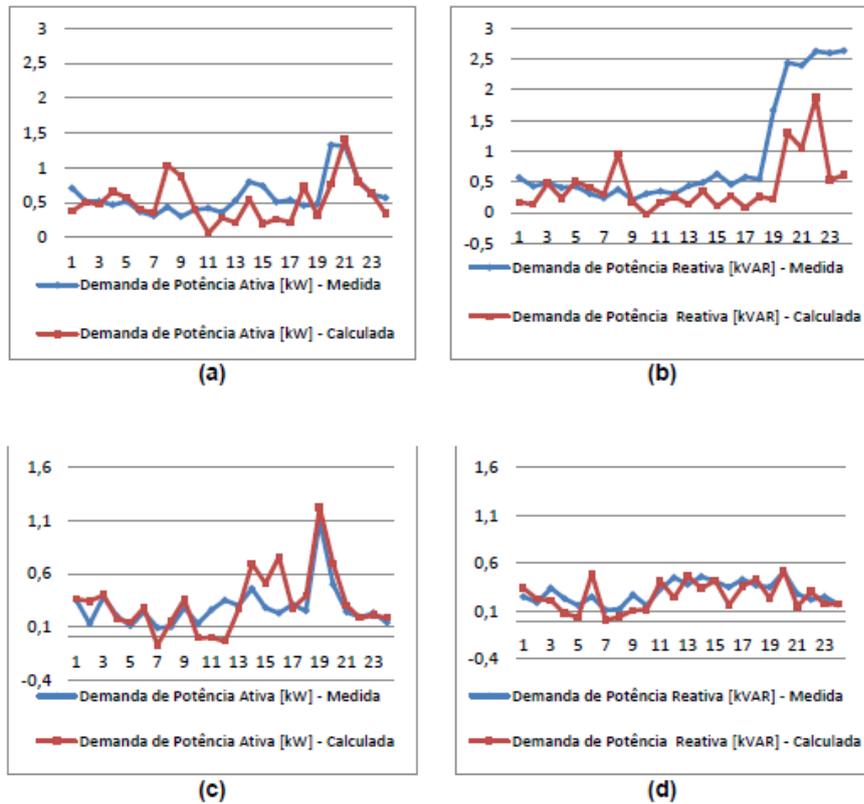


Figura 8.18 – Rural desde 201 [kWh] hasta 500 [kWh] [12]

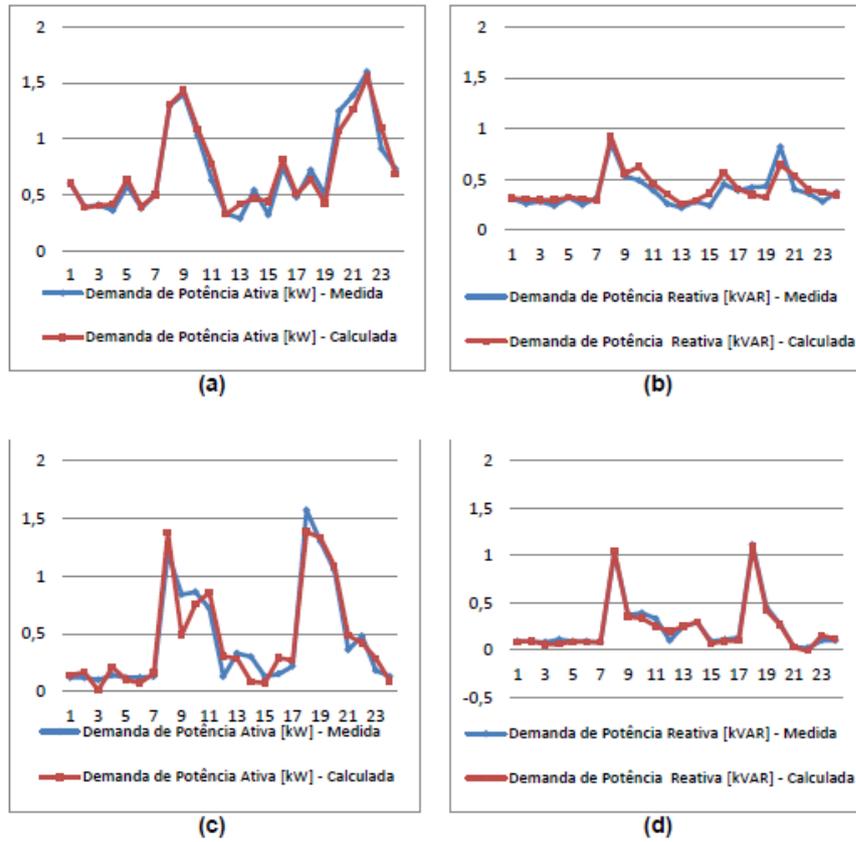


Figura 8.19 – Rural desde 501 [kWh] hasta 1000 [kWh] [12]

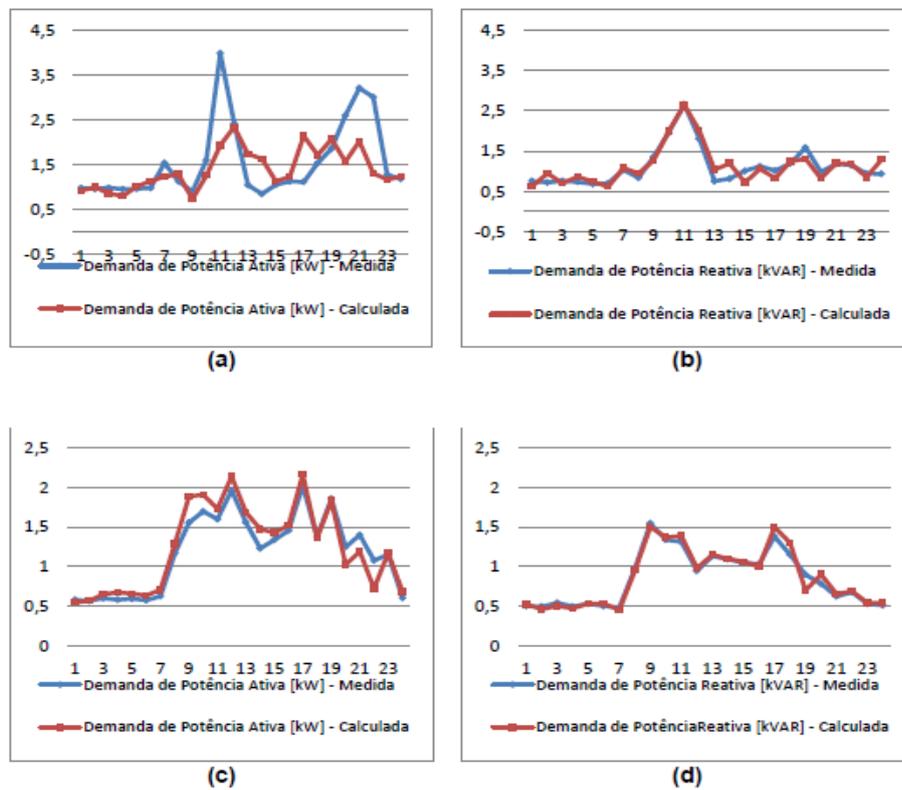


Figura 8.20 – Rural más de 1000 [kWh] [12]

En los trabajos anteriores, se observa que dados los fines de los mismos los resultados obtenidos y las metodologías empleadas son a tener en cuenta para trabajos futuros relacionados con la temática de las curvas de carga en redes de distribución. Los estudios alcanzan resultados que aseguran confiabilidad por las leves diferencias que presentan frente a las curvas de carga obtenidas por medición directa.

IX Bibliografía

- [1] DPE 2009 Disposición N°1922-09.
- [2] ESRI, 1995; GIS Development; NOAA.
- [3] AutoCAD Map 2000 Versión 4 Entrenamiento Técnico - Apuntes de Catedra de Teledetección y Sistemas de Información Georreferenciada, Facultad de Ingeniería UNMDP.
- [4] Apuntes de Catedra de Centrales Eléctricas, Facultad de Ingeniería UNMDP
- [5] Obtención de Curvas de Carga de Transformadores de Distribución mediante la Facturación: Estudio de Caso, Diciembre 2014; Camagüey, Cuba.
- [6] Estimación de curvas de demanda de consumidores, transformadores y alimentadores primarios en sistemas de distribución, 2007; Universidad Tecnológica de Pereira.
- [7] Propuesta metodológica para la determinación de las curvas de carga y los factores Ki de distribuidores municipales, 2003; Ing. Ruben O. Ferreyra.
- [8] Artículo "Estudio de pérdidas en compañías de distribución de electricidad en Argentina"; MR Consultores; 2007, Fuente: Procobre – ICA International Copper Association, Itp.
- [9] Análisis de estacionalidad de la curva de demanda para clientes BT-1, 2007; Autor: Daniel Ignacio Gomez Sagner, tutor: Guillermo Perez del Río.
- [10] Caracterización de la carga eléctrica y aplicación de resultados en la selección de transformadores de distribución en el municipio de La Ceja del Tambo, Medellín 2016; Autor: Juan Fernando Bedoya Gallego.
- [11] Caracterización de la curva de carga eléctrica en el sector sur oriente del Ecuador; 2001 Cuenca Ecuador; Autores: Carlos Romero González, Patricio Díaz, Omar Núñez, Paul Martínez.
- [12] Metodología para modelaje de curvas típicas de demanda eléctrica utilizando redes neuronales artificiales considerando variables climáticas; 2014 Alegrete RS, Brazil; Autor: Marthiello Dos Santos Marques.