



Universidad de Carabobo

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica



**SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE CARGA EN**  
**TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA**  
**COMPAÑÍAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, CASO**  
**ELECTRICIDAD DE VALENCIA (ELEVAL)**

Manzano, Pedro C.I 16.273.790

Nieto, José C.I 17.015.912



# CAPITULO I: EL PROBLEMA

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas de distribución representan una de las partes más importantes en cuanto al desarrollo del sistema eléctrico nacional, ya que los mismos permiten la interacción entre el usuario y la empresa suministradora de energía eléctrica, por medio de equipos transformadores de tensión.

Estos últimos componen una de las partes fundamentales y de mayor importancia, debido al impacto económico que constituyen y las dificultades que se presentan hoy en día en cuanto al suministro de estos equipos, por lo que se hace necesario mantener una supervisión constante de las fallas que presenten y poder evitar así que los mismos salgan de funcionamiento innecesariamente.

Uno de los principales problemas que podrían ocasionar daños irreparables es la sobrecarga del transformador, lo que se puede evitar mediante una revisión continua de la carga que alimentan los mismos. Adicionalmente existen transformadores que son subutilizados, y si bien esto no representa peligro para su funcionamiento, pudiese también representar un ahorro cuantioso para la compañía suministradora de energía, ya que se pudieran redistribuir las cargas de los mismos o cambiar por uno de menor capacidad.

En diversas zonas de Valencia, la empresa ELEVVAL tiene instalados transformadores que pueden estar en alguna de las dos condiciones antes mencionadas, lo que hace necesaria la supervisión de carga de los mismos. En vista de la gran cantidad de transformadores que posee dicha empresa



en esta zona, se debe implementar un método que permita realizar este monitoreo de la carga de manera más rápida y eficiente.

La importancia de la implementación de algún método para la supervisión de la carga surge, ya que la presencia constante de una sobrecarga en los transformadores de distribución puede ocasionar la pérdida o disminución de su vida útil, hasta llegar al punto incluso del daño irreparable del mismo, lo que conlleva a la interrupción del servicio de energía eléctrica, trayendo como consecuencias, molestias a los usuarios y pérdidas para la empresa referida.

Adicionalmente, es importante destacar que la empresa en cuestión no siempre podrá mantener en su reserva de inventario un transformador de cada tipo instalado en la red para casos de contingencia, por lo que se ven obligados a instalar otro transformador de capacidad diferente a la prevista en la planificación original del sector.

En estos casos de contingencia, los usuarios afectados por el transformador fallado suelen permanecer un período entre 8 a 12 horas sin servicio mientras se sustituye el transformador (según información suministrada por la empresa). Estos tiempos pueden afectar los parámetros de calidad alcanzados por la empresa.

Por otra parte, es bien sabido que existe la posibilidad de detectar la sobrecarga en los transformadores en la actualidad, pero la forma de hacerlo es a través de personal humano que debe verificar la sobrecarga en cada uno de los transformadores, realizando cálculos repetitivos y propensos a errores.



Para controlar la carga que alimenta cada transformador, y evitar la problemática antes planteada existen varios métodos, pero uno de los más económicos y confiables es la administración de la carga de los transformadores, o conocido como TLM, de las iniciales en inglés Transformer Load Management, el cual consiste en relacionar estadísticamente la energía total en KWh de todos los subscriptores de un transformador con la demanda máxima en KVA del transformador [14].

Para implementar este método se requiere diseñar una base de datos, con la información que ya posee la empresa ELEVAl de las diversas zonas servidas por esta empresa dentro del Estado Carabobo gracias a los totalizadores ubicados en los postes de transformación.

El procesamiento de todos estos datos, se realizará mediante un algoritmo que permita detectar la condición en que se encuentran los transformadores respecto a la carga que manejan, tomando así las decisiones correspondientes a fin de evitar daños innecesarios en el equipo.

Con esta investigación se pretende determinar la información de los parámetros de cada transformador a través de los totalizadores, cómo debería organizarse la misma para que esté disponible a los interesados, cuál es el método más apropiado para la supervisión de carga en transformadores a través de un sistema mecanizado, y cuál es el costo de implementación de la propuesta.



### 1.2 OBJETIVOS

#### 1.2.1 Objetivo General:

- Desarrollar un sistema de supervisión de la carga de los transformadores de distribución de la empresa ELEVAl mediante el método de Administración de la Carga de los Transformadores (TLM) para detectar sobrecarga o subutilización de los mismos.

#### 1.2.2 Objetivos Específicos:

- Definir una base de datos a partir de la información de los medidores totalizadores instalados por ELEVAl, para aplicar el método TLM.
- Realizar un algoritmo, implementándolo previa selección de la plataforma más adecuada que permita observar las condiciones de operación de los transformadores según los resultados obtenidos por el método TLM, para determinar el estado de los mismos.
- Elaborar un sistema de gestión que permita seleccionar una curva Potencia Máxima vs Energía Facturada según la localidad y rango de error definido por el usuario.
- Obtener las gráficas de Potencia vs Tiempo que permitirán establecer comparaciones de manera histórica entre la potencia nominal, facturada, medida por los totalizadores y calculada según el método TLM, para detectar condiciones anormales de posible sobrecarga en los transformadores.
- Realizar el estudio económico de los gastos en los que incurrirá la empresa al implementar el método y analizar la relación beneficio – costo del proyecto, para luego observar las ventajas económicas que generara el TLM a largo plazo para la empresa ELEVAl.



### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El proceso de monitoreo por el método de TLM, puede presentar grandes ventajas para la compañía ELEVAL, puesto que a nivel económico el transformador es uno de los equipos más costosos dentro del sistema de distribución, y se ha demostrado según investigaciones que la relación beneficio/costo en cuanto a los transformadores que pueden ser salvados varía de 3 a 15 veces [14].

Adicionalmente a las ventajas económicas que se obtienen al implementar el método, es importante mencionar también las mejoras que se observarían en cuanto a la calidad de energía entregada al usuario final, obteniendo así beneficios a nivel social ya que se vería una disminución notable en las interrupciones del servicio por causa de fallas del transformador ocasionadas por la sobrecarga del mismo.

Estas sobrecargas son consideradas en el reglamento vigente del Código Eléctrico Nacional (C.E.N) [4], donde en su sección 450.4 establece los elementos de protección necesarios para obtener una sobrecarga máxima del 25% en el equipo, lo que garantiza un rango máximo aceptable de operación del transformador. En muchos casos por errores humanos o desconocimiento técnico, surge el inconveniente que dicha protección se sobredimensiona ocasionando que el transformador trabaje por encima de las condiciones máximas permitidas, lo cual al existir una supervisión constante a través del algoritmo propuesto se podrá garantizar que pese a estos errores el transformador trabaje en las condiciones exigidas por el C.E.N.



Este 25% de sobrecarga que estima el C.E.N. se debe a que los sistemas se modifican debido al incremento de carga por los usuarios, pérdidas técnicas y pérdidas no técnicas, entre otros.

Una vez puesto en marcha el sistema de monitoreo del TLM se contará con la ventaja de poder redistribuir las cargas entre transformadores cercanos, en los cuales uno de ellos este sobrecargado y el otro por el contrario este trabajando por debajo de su capacidad nominal y así optimizar la operación de ambos equipos.

Con la incursión en la empresa de este algoritmo se facilitará la determinación del estado de los transformadores sólo con el ingreso de una serie de datos, logrando mayor precisión en los resultados obtenidos, evitando así los errores humanos y colocando a la empresa en una posición de vanguardia tecnológica.

El presente trabajo de grado aportará a la línea de investigación de “Calidad de Energía Eléctrica” perteneciente al Dpto. de Potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo.

### **1.4 ALCANCE**

Este proyecto se pretende implementar en toda la red de suscriptores de la compañía ELEVEL a lo largo del Estado Carabobo, en donde dicha empresa se desarrolla comercialmente. Además, el programa tendrá la capacidad de incluir en su estudio, transformadores nuevos que sean agregados al sistema, así como también desechar aquellos que sean removidos o eliminados de la red.



## Capítulo I

---



Además el algoritmo a desarrollar partirá de la base de datos que se diseñará en la investigación, partiendo de los totalizadores de la empresa ELEVAl y en los casos en que los transformadores no posean estos totalizadores se realizará por medio del proceso de facturación de energía eléctrica, se mostrarán una serie de curvas y datos que permitirán conocer el estado del transformador, para luego elaborar un histórico de la carga que alimenta a lo largo de su funcionamiento. Este algoritmo deberá arrojar a su vez reportes que contengan parámetros como, tipo de carga, número de transformadores sobrecargados y ubicación geográfica en planos de la ciudad, entre otros.



### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de grado fue posible gracias al esfuerzo personal y al trabajo en equipo desarrollado durante todo el proceso que llevó a cumplir nuestros objetivos de manera exitosa, lo cual no hubiese sido posible sin el apoyo de esas personas que estuvieron siempre junto a nosotros apoyándonos y orientándonos en todo momento, por ello queremos agradecer de manera conjunta

- A la Profesora Milagros Peña, quien además de brindarnos su tutoría y guiarnos en el desarrollo de la investigación, nos brindó su tiempo, enseñanzas y consejos.
- Al Ingeniero Jesús Urbina, nuestro tutor industrial por compartir su conocimiento y asesoría invaluable para lograr la ejecución del proyecto.
- Al Profesor Carlos Jiménez por prestarnos su apoyo y confianza tanto en la ejecución del trabajo de grado como en el resto de la carrera.
- A los Profesores Teobaldo Rodríguez y Eva Monagas, quienes además de su participación como jurados del trabajo de grado nos orientaron con sus correcciones y recomendaciones acerca del mismo.
- A los Profesores Ingrid Velásquez, Irahis Rodríguez, Rubén Terán, Oriana Barrios, Juan Carlos Ataya, Wilmer Sanz y demás Profesores de la Facultad de Ingeniería quienes en algún momento nos prestaron apoyo y brindaron sus conocimientos para llevar adelante nuestro proyecto y alcanzar nuestras metas.



## Capítulo I

---



- Al Ingeniero Franklin Duque, por brindarnos su generosidad al darnos la oportunidad de recurrir a su experiencia técnica en un marco de afecto y amistad fundamental para concretar este proyecto.
- Al Técnico Frank Monsalve, gran compañero de trabajo quien nos brindó su amistad y colaboración en el desarrollo de nuestro trabajo de grado.
- Al Ingeniero Agustín Lares por darnos la oportunidad de llevar a cabo este proyecto y brindarnos su apoyo en todo momento.
- A los Ingenieros, Técnicos, amigos y compañeros de trabajo, Francisco Medina, Jorge Gámez, Raúl Fernández, Hones Peña, Rafael Madrid, Carlos Martin, Guillermo Rodríguez, Juan Galíndez, Euclides López, Lenin Lara, Antonio Pinto, Eliezer Méndez, Teresa Lazo, Angélica Duramer, Lucía Páez que laboran en Electricidad de Valencia y durante nuestro proceso de pasantías nos brindaron un buen ambiente de trabajo y prestaron su apoyo incondicional.



### AGRADECIMIENTOS

Detrás de este triunfo hay muchas personas que de una u otra forma siempre han estado allí dándome su confianza y apoyo, por lo que quiero agradecer y dedicar este éxito:

- A Dios, por darme la vida y regalarme siempre su amor, apoyo, confianza y fuerza para seguir adelante en todo momento, por albergarse en mi corazón y acompañarme en todas las metas que me he propuesto.

- A mis padres, Antonio quien has sido mi ejemplo a seguir, me has enseñado con tu experiencia la humildad, honestidad y profesionalismo en todas las áreas de mi vida. Alcira quien me ha llevado adelante y me ha dado el amor y comprensión de madre día a día. Gracias a ambos por darme una formación personal invaluable, apoyarme y alentarme siempre a cumplir mis metas.

- A mi hermanita Ivonne, por estar siempre allí a mi lado y ser más además de hermana una amiga en quien confiar en los momentos difíciles, es un privilegio llevar la misma sangre y un orgullo ser tu hermano.

- Al compadre Alberto Gallardo (Q.E.P.D) porque sé que desde el cielo esta acompañándome y guiándome en todo momento.

- A mi amigo y además compañero de tesis Pedro Manzano, porque con su apoyo logramos realizar un trabajo excelente y salimos adelante en todas las dificultades que se nos presentaron.

- A mis amigos, amigas y a aquellas personas especiales quienes fueron como una familia en el desarrollo de mi carrera y dentro de mi pensamiento están a solo un minuto de distancia, son inolvidables y siempre podrán contar conmigo.

*José Nieto.*



## Capítulo I

---



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Eléctrica



**SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE CARGA EN  
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA  
COMPAÑÍAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, CASO  
ELECTRICIDAD DE VALENCIA (ELEVAL)**

Manzano, Pedro C.I 16.273.790

Nieto, José C.I 17.015.912



---

## CAPITULO I: EL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas de distribución representan una de las partes más importantes en cuanto al desarrollo del sistema eléctrico nacional, ya que los mismos permiten la interacción entre el usuario y la empresa suministradora de energía eléctrica, por medio de equipos transformadores de tensión.

Estos últimos componen una de las partes fundamentales del sistema, por lo que se hace necesario mantener una supervisión constante de las fallas que presenten. Uno de los principales problemas que podrían ocasionar daños irreparables es la sobrecarga del transformador, lo que se puede evitar mediante una revisión continua de la carga que alimentan los mismos.

En vista de la gran cantidad de transformadores que posee instalados ELEVVAL, se debe implementar un método que permita realizar este monitoreo de la carga de manera más rápida y eficiente. La importancia de la implementación de algún método para la supervisión de la carga surge, ya que la presencia constante de una sobrecarga en los transformadores de distribución puede ocasionar la disminución de su vida útil, hasta llegar al punto incluso del daño irreparable del mismo, lo que conlleva a la interrupción del servicio de energía eléctrica, trayendo como consecuencias, molestias a los usuarios y pérdidas para la empresa referida.

Adicionalmente, es importante destacar que la empresa en cuestión no siempre podrá mantener en su reserva de inventario un transformador de cada tipo instalado en la red para casos de contingencia. En estos casos de contingencia, los usuarios afectados por el transformador fallado suelen



permanecer un período entre 8 a 12 horas sin servicio mientras se sustituye el transformador. Estos tiempos pueden afectar los parámetros de calidad alcanzados por la empresa.

Por otra parte, es bien sabido que existe la posibilidad de detectar la sobrecarga en los transformadores en la actualidad, pero la forma de hacerlo es a través de personal humano que debe verificar la sobrecarga en cada uno de los transformadores, realizando cálculos repetitivos y propensos a errores. Para controlar la carga que alimenta cada transformador, y evitar la problemática antes planteada existen varios métodos, pero uno de los más económicos y confiables es la administración de la carga de los transformadores, o conocido como TLM, de las iniciales en inglés Transformer Load Management [14].

Para implementar este método se requiere diseñar una base de datos, con la información que ya posee la empresa ELEVVAL de las diversas zonas servidas por esta empresa dentro del Estado Carabobo gracias a los totalizadores ubicados en los postes de transformación. El procesamiento de todos estos datos, se realizará mediante un algoritmo que permita detectar la condición en que se encuentran los transformadores respecto a la carga que manejan.

Con esta investigación se pretende determinar la información de los parámetros de cada transformador a través de los totalizadores, cómo debería organizarse la misma para que esté disponible a los interesados, cuál es el método más apropiado para la supervisión de carga en transformadores a través de un sistema mecanizado, y cuál es el costo de implementación de la propuesta.



### 1.2 OBJETIVOS

#### 1.2.1 Objetivo General:

- Desarrollar un sistema de supervisión de la carga de los transformadores de distribución de la empresa ELEVAL mediante el método de Administración de la Carga de los Transformadores (TLM) para detectar sobrecarga o subutilización de los mismos.

#### 1.2.2 Objetivos Específicos:

- Definir una base de datos a partir de la información de los medidores totalizadores instalados por ELEVAL, para aplicar el método TLM.
- Realizar un algoritmo, implementándolo previa selección de la plataforma más adecuada que permita observar las condiciones de operación de los transformadores según los resultados obtenidos por el método TLM, para determinar el estado de los mismos.
- Elaborar un sistema de gestión que permita seleccionar una curva Potencia Máxima vs Energía Facturada según la localidad y rango de error definido por el usuario.
- Obtener las gráficas de Potencia vs Tiempo que permitirán establecer comparaciones de manera histórica entre la potencia nominal, facturada, medida por los totalizadores y calculada según el método TLM, para detectar condiciones anormales de posible sobrecarga en los transformadores.
- Realizar el estudio económico de los gastos en los que incurrirá la empresa al implementar el método y analizar la relación beneficio – costo del proyecto, para luego observar las ventajas económicas que generara el TLM a largo plazo para la empresa ELEVAL.



### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El proceso de monitoreo por el método de TLM, puede presentar grandes ventajas para la compañía ELEVAl, puesto que a nivel económico el transformador es uno de los equipos más costosos dentro del sistema de distribución, y se ha demostrado según investigaciones que la relación beneficio/costo en cuanto a los transformadores que pueden ser salvados varía de 3 a 15 veces [14]. Adicionalmente a las ventajas económicas que se obtienen al implementar el método, es importante mencionar las mejoras que se observarían en cuanto a la calidad de energía entregada al usuario.

Las sobrecargas en los equipos son consideradas en el reglamento vigente del Código Eléctrico Nacional (C.E.N) [4], el cual en su sección 450.4 establece los elementos de protección necesarios para obtener una sobrecarga máxima del 25% en el equipo, lo que garantiza un rango máximo de operación del transformador. En muchos casos por errores humanos o desconocimiento técnico, surge el inconveniente que dicha protección se sobredimensiona ocasionando que el transformador trabaje por encima de las condiciones máximas permitidas, al existir una supervisión constante a través del sistema propuesto se podrá garantizar que pese a estos errores el transformador trabaje en las condiciones exigidas por el C.E.N.

Este 25% de sobrecarga que estima el C.E.N. se debe a que los sistemas se modifican debido al incremento de la demanda en una zona determinada, pérdidas técnicas y no técnicas, entre otros. Una vez puesto en marcha el sistema de monitoreo del TLM se contará con la ventaja de poder redistribuir las cargas entre transformadores cercanos, en los cuales uno de ellos este sobrecargado y el otro por el contrario este trabajando por debajo de su capacidad nominal y así optimizar la operación de ambos equipos.



Con la incursión en la empresa de este sistema se facilitará la determinación del estado de los transformadores sólo con el ingreso de una serie de datos, logrando mayor precisión en los resultados obtenidos, evitando así los errores humanos y colocando a la empresa en una posición de vanguardia tecnológica.

El presente trabajo de grado aporta a la línea de investigación de “Calidad de Energía Eléctrica” perteneciente al Dpto. de Potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo.

### **1.4 ALCANCE**

Este proyecto se implementó en toda la red de suscriptores de la compañía ELEVVAL a lo largo del Estado Carabobo, en donde dicha empresa se desarrolla comercialmente. Además, el sistema tiene la capacidad de incluir en su estudio, transformadores nuevos que sean agregados a la red, así como también desechar aquellos que sean eliminados de la misma.

Además el algoritmo desarrollado para calcular el factor de utilización partió de la base de datos que se diseñó en la investigación, partiendo de los totalizadores de la empresa ELEVVAL y en los casos en que los transformadores no poseen estos totalizadores se realizó por medio del proceso de facturación de energía eléctrica, se mostraron una serie de curvas y datos que permiten conocer el estado del transformador, para luego elaborar un histórico de la carga que alimenta el equipo a lo largo de su funcionamiento. Este algoritmo debe arrojar a su vez reportes que contengan parámetros como, tipo de carga, número de transformadores sobrecargados y ubicación geográfica en planos de la ciudad, entre otros.



---

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES:

A continuación se presentan una serie de proyectos e investigaciones relacionadas con el proyecto y que de una u otra manera aportaron al desarrollo del mismo:

- Sugg, Andrew (2005), Transformer Load Management Benefits for AMEREN Corporation [17]: Esta investigación fue llevada a cabo en la empresa norteamericana AMEREN Corporation, que posee más de 3 millones de clientes, y una cantidad de transformadores superior a las 650.000 unidades, dicha compañía obtiene los datos para aplicar el TLM por medio del consumo de los clientes, pero han encontrado la problemática de que esta información viene dada en términos mensuales, por lo que la determinación de la sobrecarga del transformador tiende a tardar demasiado tiempo. Destacan además que los resultados dependerán de si la carga estudiada es homogénea o si se estudian al mismo tiempo diferentes tipos de carga, como: residencial, comercial e industrial.

Esta investigación permitirá tomar las recomendaciones hechas por el Ingeniero Sugg, a fin de establecer las limitaciones y lineamientos del proyecto.

- Randolph, James (1996), The Value of Identifying Accomplishments - A Case Study [12]: A pesar que este estudio se basa en la importancia de los logros y mejora de rendimiento a nivel gerencial, es importante citarlo debido a que el mismo estudia un caso específico de una compañía que implementó el método TLM, lo cual le generó importantes ganancias y buenos resultados en la disminución de transformadores quemados por causas de sobrecarga, cabe destacar adicionalmente que se observó que para su implementación se utilizó un departamento específico de la empresa, pero una vez implementado se pudo reducir la cantidad de personal y asignarlos a otras tareas.



Esta información es de gran importancia para la directiva de la empresa ELEVAL, empresa en la cual se implementará el TLM, ya que permite realizar una planificación a nivel gerencial de los pasos a seguir para la buena ejecución del proyecto, así como también del personal humano que se necesite para la ejecución del mismo.

- Sánchez, Olga L.; Velasco M., Jaime; Lozano, Carlos A. (2006), Diseño de una aplicación para la gestión de carga en transformadores de distribución [13]: En el artículo se hace referencia principalmente a todos los daños y problemas que pueda sufrir el transformador de distribución durante su funcionamiento.

En primera instancia facilita una herramienta para determinar el estado actual de operación del transformador, es decir, si el transformador se encuentra entregando su capacidad nominal, por encima de ella (sobrecargado), o por debajo de la misma (subutilizado), esto es lo que denominan como Estrategias de Gestión de Carga.

Esta estrategia está basada en un periodo de estudio de 24 horas, en donde se calcula la relación entre la carga equivalente que alimenta el transformador y la capacidad nominal del transformador, pero para realizar dicho cálculo es necesario tomar en cuenta los factores de carga, de utilización y de pérdidas, para luego, con base en este estudio realizar la planificación de la carga que puede alimentar un transformador.

Por último, estudian los índices de calidad de energía, en los sistemas de distribución. El índice DES evalúa la duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica y se define como “duración equivalente de la interrupción del servicio”, y el FES evalúa la cantidad de interrupciones del servicio de energía y se define como “Frecuencia Equivalente de la interrupción del Servicio”. Con el monitoreo de estos índices, la empresa podrá observar de manera más dinámica el funcionamiento del método.



Esta investigación puede ser de gran ayuda para el caso del control de carga en los transformadores de distribución de la empresa ELEVAL, ya que todos los análisis que se realizan en la misma están basados en la plataforma de un software que permite realizar todos los cálculos de manera rápida y eficiente.

En el presente proyecto de investigación el software que se diseñe debe estar en la capacidad de monitorear tanto los transformadores con totalizadores instalados, así como también los que presenten la ausencia de los mismos. En el caso de la investigación realizada por Sánchez Olga, Velasco Jaime y Lozano Carlos el estudio se enfoca en los transformadores que tienen los totalizadores instalados, pero podría servir como base para el desarrollo del sistema que se pretende realizar, en el cual se deben estudiar tanto los transformadores con totalizador, así como también los que no poseen este equipo instalado.

- Christina, Kelly (2005) Itron introduces Distribution Asset Analysis Suite [6]: La empresa Distribution Asset Analysis Suite (DAA Suite) posee un software que logra determinar a través del método TLM el estado de un transformador (Si está sobrecargado o no) en base a la facturación del cliente y las lecturas mensuales de los medidores, y como se desarrolla en los Estados Unidos, toman también en consideración la estación del año para considerar situaciones climáticas extremas en los cálculos realizados.

En Venezuela el clima es predominantemente tropical y las temperaturas no varían en más de algunos grados [16], por lo que no se hace necesario tomar estas consideraciones. A su vez los diferentes reportes dados como ejemplo en la investigación, servirán como base en las diversas informaciones que se puedan entregar al usuario final.

Adicionalmente se muestran varios casos en donde la empresa DAA Suite ha implementado dicho software, obteniendo resultados exitosos, logrando como es dicho en varias ocasiones "obtener resultados Predictivos y no Reactivos como se hacían anteriormente", lo cual demuestra que el uso del método TLM proveerá a la



empresa ELEVAL de una herramienta innovadora y ventajosa para la detección de transformadores sobrecargados.

- Oria A. Rubén; Gámez O. Jorge. (2006). Control de las Pérdidas no Técnicas a través de los Medidores totalizadores [11]: Esta investigación está enfocada principalmente en determinar las pérdidas no técnicas en los grupos de usuarios servidos por un mismo transformador.

Para el estudio, se desarrolló un sistema que monitorea la energía total asociada a cada transformador que tenga dos o más clientes conectados, para así relacionarlo con el consumo total de cada cliente conectado a dicho transformador, de esta manera ELEVAL puede determinar la magnitud de las pérdidas no técnicas, y luego proceder a disminuir dichas pérdidas, con lo cual aumentarán los ingresos de la empresa por cobros de energía no facturada, previsto en la ley, mas el incremento en la facturación, resultado de las normalizaciones.

El principal aporte de este proyecto a la presente investigación, es que para ellos poder ejecutarlo, primero tuvieron que realizar un censo en todos los transformadores de la red, con lo cual queda un registro de la ubicación de cada transformador. Por otra parte, en esta obra ELEVAL instaló 3.513 medidores totalizadores. La instalación de estos equipos favorece mucho al presente proyecto, ya que el mismo se apoyará en las lecturas de los medidores totalizadores para arrojar los resultados del estado de carga de los transformadores.

- Sandoval, Nelson. (1990). Administración de la carga de transformadores de distribución, transformer load management (TLM) [14]: Este proyecto fue desarrollado por la empresa suministradora de energía eléctrica ENELVEN, en la ciudad de Maracaibo, en el cual se adopto el método TLM para realizar un estudio de supervisión de carga en transformadores de distribución.

El método consiste en relacionar estadísticamente la energía total en KWh de todos los clientes conectados a un transformador con la demanda máxima en



KVA de dicho transformador. Con esta relación se puede determinar por medio de gráficos el estado de operación de cada transformador de la empresa. A partir de estos resultados pueden tomar las acciones correspondientes para corregir las condiciones anormales y para evitar el daño parcial o permanente de los transformadores.

Este proyecto es de gran apoyo al que se desea implementar en la empresa, ya que básicamente es el mismo estudio y puede servir como guía al momento de implementar el TLM en ELEVVAL, además fueron los primeros en desarrollar esta tecnología en el país y pudieron comprobar que los resultados del programa traen beneficios socio-económicos a la empresa.

## 2.2 DEFINICIONES BÁSICAS

A continuación se presentan una serie de definiciones y conceptos básicos, necesarios para la comprensión de teorías y métodos que se desarrollaran a lo largo del trabajo:

**2.2.1 Demanda:** la demanda de una instalación o sistema de distribución es el promedio de la carga absorbida en los terminales de los receptores durante un determinado intervalo de tiempo adecuado y especificado.

**2.2.2 Demanda Máxima:** la cantidad de electricidad que un usuario consume en KVA, en un momento o período se denomina “demanda”, la cual varía de hora en hora. El valor más alto que esa demanda alcance en ese período se denomina “**demanda máxima**”, como se observa en la figura 2.1:

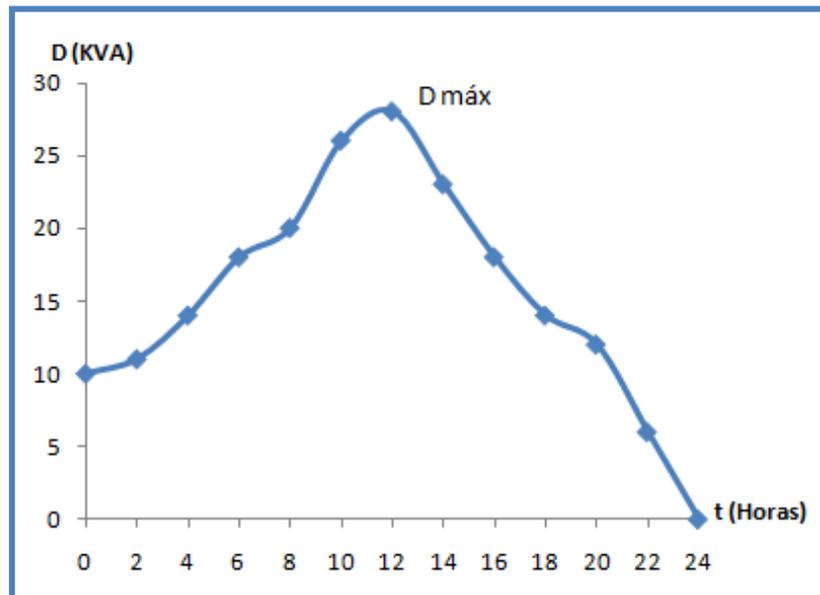


Figura 2.1. Curva de Demanda y Demanda Máxima en un período de tiempo t

El valor de esta demanda máxima es el que determina la capacidad de todos los equipos necesarios (acometidas, transformadores, etc.) para suplir y garantizar una instalación segura al usuario y no el consumo real.

**2.2.3 Carga Conectada:** se conoce como carga conectada a cualquier sistema o de una parte de un sistema, a la suma de los valores nominales de todas las cargas que tienen la probabilidad de estar en servicio al mismo tiempo para producir una demanda máxima, como se puede ver en la ecuación 2.1:

$$(2.1)$$

Donde;

$S_T$ : Carga total instalada.

$S_{Ni}$ : Cargas nominales que estén servidas al mismo tiempo.

**2.2.4 Factores Usuales:** existen diversos factores que permiten analizar las variables eléctricas, mediante los cuales se pueden establecer relaciones entre las mismas, facilitando su comprensión y siendo de gran utilidad al



momento de realizar estudios de carga. Entre los factores más importantes se pueden encontrar: [10]

**2.2.4.1 Factor de Potencia:** Es la razón entre la potencia activa y la potencia aparente del sistema, y se puede expresar matemáticamente como se muestra en las ecuaciones 2.2 y 2.3:

$$\text{---} \quad (2.2)$$

$$(2.3)$$

Donde;

P: Potencia activa.

S: Potencia aparente.

$\varphi$ : ángulo entre la potencia aparente y la potencia activa.

**2.2.4.2 Factor de Demanda:** el factor de demanda ( $F_d$ ), en un intervalo de tiempo ( $t$ ) de una carga es la razón entre la demanda máxima y su carga total instalada. Matemáticamente este concepto se puede expresar como se muestra en la ecuación 2.4:

$$\text{---} \quad (2.4)$$

Donde;

$F_d$ : Factor de demanda.

$D_{\text{máx}}$ : Demanda máxima.

$S_T$ : Carga total instalada.

**2.2.4.3 Factor de Carga:** se define como la relación entre la demanda promedio en un intervalo de tiempo determinado y la demanda máxima observada en ese mismo intervalo. Matemáticamente esto se puede expresar como se muestra en la ecuación 2.5:

(2.5)

Donde;

Fc: Factor de carga.

D prom: Demanda promedio.

D máx: Demanda máxima.

En la figura 2.2 se observa la relación entre la demanda de energía promedio (D prom) y la demanda máxima (D máx):

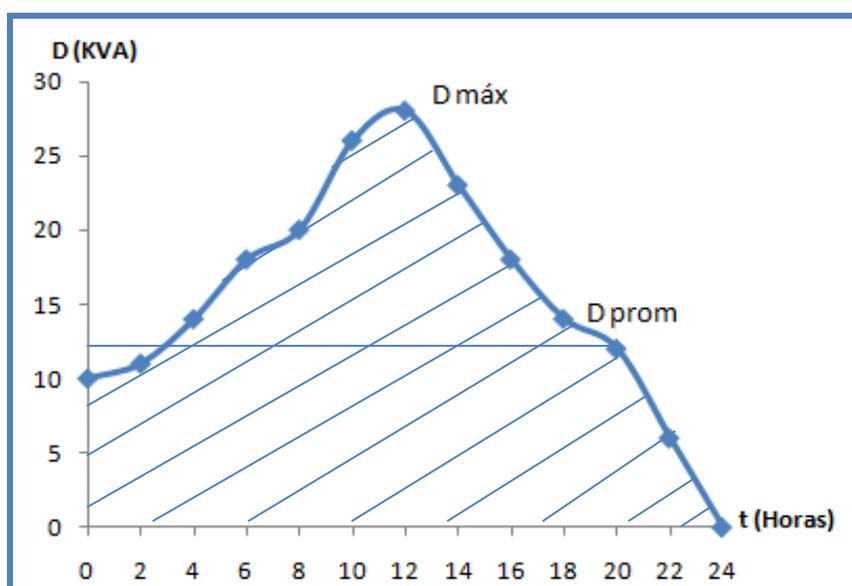


Figura 2.2. Relación entre la demanda máxima y la demanda promedio.

El factor de carga en un período de 24 horas estará definido como se muestra en la ecuación 2.6:

(2.6)

Donde;

Fc: Factor de carga.

Kwh: energía entregada en 24 horas.



**2.2.4.4 Factor de utilización:** el factor de utilización de un sistema es la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema. Se puede decir entonces que expresa el porcentaje de la capacidad del sistema que está siendo utilizado. Su expresión matemática se observa en la ecuación 2.7:

$$\text{---} \tag{2.7}$$

Donde;

D máx: demanda máxima del sistema (en KVA).

S<sub>N</sub>: Capacidad nominal del sistema (en KVA).

### 2.2.5 Distribución t de Student:

En probabilidad y estadística, la distribución-t o distribución t de Student es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño. Esta es la base del popular test de la t de Student para la determinación de las diferencias entre dos medias muestrales y para la construcción del intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de dos poblaciones.

### 2.2.6 Intervalo de confianza derivado de la distribución t de Student:

Es poco probable que la medida de una muestra sea exactamente igual al valor verdadero, es más útil proporcionar un intervalo que contenga casi con seguridad el valor verdadero, se puede definir entonces el intervalo de confianza para una distribución t de student como se muestra en la ecuación 2.8.



—=

(2.8)

Donde;

M: valor medio de la muestra.

S: desviación estándar.

n: muestra.

T: dato estadístico.

El valor estadístico “T” se toma de la tabla de distribución T de Student para un intervalo de confianza definido [7].

### 2.3 Bases Teóricas

#### 2.3.1 Supervisión de la carga:

Consiste básicamente en un monitoreo constante de la carga en KVA alimentada por los transformadores. Esto se realiza con la finalidad de conocer el estado de operación de los mismos, para luego, tomar medidas preventivas que prolonguen la vida útil de estos equipos. A continuación se explica brevemente cada uno de los métodos de supervisión de la carga encontrados en la bibliografía consultada.

#### 2.3.2 Métodos de supervisión de la carga:

Existen por lo menos unos 3 métodos para vigilar la carga de los transformadores de distribución: [14]

##### 2.3.2.1 Luz indicadora de sobrecarga.

El método de la luz roja indicadora de sobre carga consiste en conocer el estado de sobrecarga de cada transformador mediante el uso de una luz que se activa al llegar el aceite del transformador a cierta temperatura y queda encendida hasta que se apague manualmente. Esta luz es efectiva



en cuánto a que al activarse la reportan los suscriptores y los empleados de la compañía de electricidad. La luz indica que en alguna oportunidad hubo una sobrecarga en el transformador.

### **2.3.2.2 Medición periódica de la carga de cada transformador.**

La medición periódica de la carga de cada transformador presenta la desventaja de ser sumamente laboriosa y poco confiable. Por ejemplo en ENELVEN [14], si se deseara medir todos los transformadores con un chequeo de carga mediante un amperímetro tipo clip-on, se requieren unas 30 mediciones diarias en la hora pico para cubrir los 45.000 transformadores existentes. Existe la posibilidad de instalar un medidor de demanda máxima durante una semana, pero entonces serían 180 instalaciones semanales para cubrir los transformadores; es más confiable, pero no práctico.

### **2.3.2.3 Método TLM.**

El método TLM de las iniciales en inglés de TRANSFORMER LOAD MANAGEMENT, se refiere a la administración de la carga de los transformadores. Consiste en relacionar estadísticamente la energía total en KWh de todos los suscriptores de un transformador con la demanda máxima en KVA del transformador. Este método es más económico y confiable que los otros dos. Para la implementación de este método, se deben realizar una serie de pasos previos que permitirán una mayor exactitud en los resultados arrojados:

- El primer paso es construir una curva de KVA máximo de demanda de un transformador en función de los KWh de energía vendida a los suscriptores alimentados por ese transformador. Para realizar esta curva se debe dividir primero el plano de la ciudad en varias localidades, en las que se observe que el tipo de carga alimentada sea



relativamente homogénea, lo cual se logra distribuyendo dichas cargas según su ubicación geográfica y el tipo de consumidor predominante en la zona (residencial, industrial, comercial, etc.), así se garantizará que los transformadores de dicha localidad y estudiados por el método, tienen un comportamiento similar a los de la curva. Los datos para la realización de la curva serán tomados de los transformadores con totalizador instalado y que se encuentran distribuidos a lo largo de toda la ciudad.

- El segundo paso consiste en relacionar cada suscriptor con el transformador que lo alimenta. Esto se logra con dos subpasos; primero se hace un levantamiento en sitio de la relación de cada transformador con los postes que sirve y luego se relaciona cada suscriptor con el poste al que está conectado.
- Por último, al tener la relación de cuántos suscriptores están asociados a cada transformador, se podrá conocer entonces la energía (KWh) que se consume en dicho transformador. Este valor se introduce en la curva correspondiente (según la zona de la ciudad en la que se encuentre el transformador), y se obtienen los KVA máximos de demanda en ese punto, para luego calcular su Factor de Utilización y conocer su estado de operación.

En el desarrollo de este método se pueden encontrar dificultades para su implementación, ya que se requieren los datos de cada suscriptor y los datos de asociación de cada transformador de distribución, lo cual genera una tarea bastante laboriosa en cuanto a la recopilación y mantenimiento de la data. Pero a pesar de este detalle, este método es el que resulta más confiable y práctico al momento de implementarlo a grandes cantidades de transformadores.



---

## CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La finalidad de esta investigación es lograr determinar el estado de la carga de los transformadores de distribución de la empresa ELEVAL dependiendo de la zona, basados en los datos proporcionados por la lectura de aquellos que poseen totalizador, para generar un algoritmo que permita conocer el estado de carga del transformador con sólo conocer la energía facturada del mismo, por lo que según las explicaciones realizadas por Hurtado [5], la investigación es de tipo Proyectiva, lo cual implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, mas no necesariamente ejecutar la propuesta.

Las fases descritas se hacen necesarias, ya que en la actualidad se desconoce el factor de utilización de aquellos transformadores que no poseen totalizadores instalados, pero según estudios realizados en ENELVEN [14], es posible determinar a través de la construcción de una recta, una relación entre los KVA máximos y la energía facturada según cada zona geográfica. De allí nace el carácter exploratorio de la investigación, en donde se conocerán los aportes de los trabajos previos para familiarizarse con el caso de estudio.

La descripción de la investigación nace de la necesidad de conocer de manera detallada la información que posee la empresa acerca de los totalizadores, logrando de esta forma la identificación de las características a estudiar de forma detallada.

El carácter explicativo de la investigación, es definido por Hurtado [5] como aquel donde "se *buscan las razones y los mecanismos por los cuales*



*ocurren los procesos estudiados*” lo que será aplicado al momento de emplear el método de administración de la carga, analizando el origen de la diferencia de las ecuaciones obtenidas según cada localidad, y otras condiciones que pudiesen afectar el desarrollo de la investigación.

Una vez superadas las fases previas se podrá realizar la propuesta del proyecto factible, con una zona delimitada, conociendo las características y condiciones que puedan afectar la determinación de la cargabilidad de los transformadores, logrando enmarcar dicha investigación en un diseño de campo, según los diferentes tipos de investigación propuestos por Arias [1].

### **3.2 POBLACIÓN**

El estudio a realizar está enfocado a las empresas de distribución de energía eléctrica, en este caso Electricidad de Valencia, específicamente a los transformadores de distribución de su pertenencia, los cuales se estiman en un aproximado de 6650 puntos de transformación.

Para la ejecución del método de administración de la carga en los transformadores de distribución se cuenta con la información cartográfica de la ubicación de los mismos, divididos en diversos planos, para luego subdividir dichos planos en localidades según la ubicación geográfica y condiciones socioeconómicas similares.

### **3.3 MUESTRA**

Para el estudio a realizar por localidad solo se consideraron aquellos transformadores que poseen totalizadores, pese a que para el año 2006 la empresa contaba con 3513 unidades, actualmente se encuentran activos 2500 puntos con totalizador que representan el 37,59% del total de



transformadores que posee ELEVVAL, a través de los cuales se realizó el método TLM para la totalidad de la población en estudio.

### 3.3.1 JUSTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

El tamaño adecuado de la muestra para una encuesta relativa a la población está determinado en gran medida por tres factores:

- i) Probabilidad de éxito
- ii) Nivel deseado de fiabilidad
- iii) Margen de error aceptable.

El tamaño de la muestra para un diseño de encuesta basado en una muestra aleatoria simple, puede calcularse mediante la fórmula 3.1 que se muestra a continuación:

\_\_\_\_\_ (3.1)

Donde;

**n** = tamaño de la muestra requerido.

**t** = nivel de fiabilidad de 95% (valor estándar Z es de 1,96).

**p** = probabilidad de éxito en la zona del proyecto.

**m** = margen de error de 5% (valor estándar de 0,05).

Para los siguientes parámetros del proyecto:

**t** = nivel de fiabilidad de 95% (valor estándar de 1,96).

**p** = probabilidad de éxito = 0,5.

**m** = margen de error de 5% (valor estándar de 0,05).



Estos 384 individuos corresponden a la muestra representativa, la cual representa el 6% de la población. Sin embargo, la cantidad de individuos medidos corresponden a 2500 transformadores con totalizadores que equivalen a 37,59% de la población por lo cual la muestra es completamente representativa de la población en estudio.

### **3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para la ejecución de una investigación se hace necesaria la utilización de técnicas que conduzcan la solución del problema planteado, a continuación a definir aquellas herramientas que serán empleados durante la ejecución del proyecto.

#### **3.4.1 Observación Directa Simple y Experimental**

Puesto que el investigador *"no debe de limitarse a lo que se dice y debe de formarse una idea precisa y amplia del problema"* [2], es necesario realizar observaciones en campo, donde se verificaron las anomalías de cada punto de transformación, para luego actualizar la base de datos.

#### **3.4.2 Observación Documental o Bibliográfica.**

Se basa en la revisión de antecedentes y observación documental acerca la información que pueda ayudar para el desarrollo de la investigación.

#### **3.4.3 Entrevistas con Expertos**

Esta técnica consiste en la recolección de información por medio de consultas a personal calificado que pueda brindar aportes a la investigación. Gracias a la realización de pasantías profesionales dentro



de ELEVAl se lograron realizar entrevistas de manera personal a los concedores del área en que se centra el proyecto a desarrollar, como es el caso de los Ingenieros Agustín Lares, Jesús Urbina, Franklin Duque, entre otros.

La elaboración de las preguntas a realizadas durante el encuentro fue de acuerdo al momento real en que se logró concretar la reunión con el entrevistado, elaborando previamente un análisis de las preguntas más importantes y considerando las recomendaciones dadas por Bavaresco [2] para guiar una entrevista.

### **3.5 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

El desarrollo de la investigación se llevo a cabo en una serie de pasos, los cuales serán explicados a continuación en la figura 3.1 de manera sencilla y sistematizada:

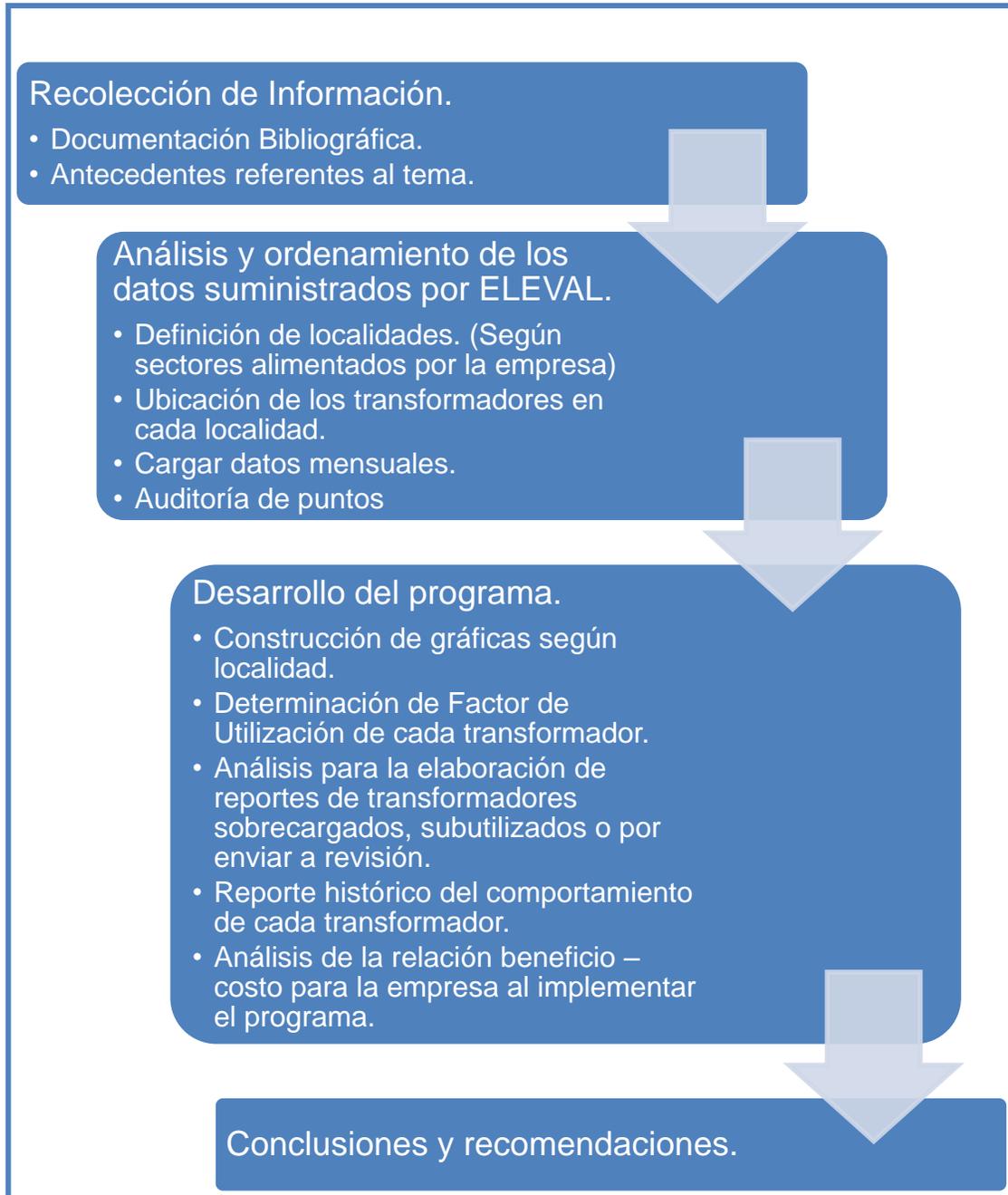


Figura 3.1. Fases a seguir para el desarrollo del programa de administración de la carga en transformadores de distribución.



---

## **CAPITULO IV: SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE CARGA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

El método seleccionado para la elaboración del sistema fue el TLM (Transformer Load Management), el cual como se mencionó en el capítulo 2, parte de un análisis estadístico y según el comportamiento de los transformadores con totalizadores ubicados en una localidad determinará las principales características del resto de transformadores que se encuentren dentro de la misma.

La selección del TLM, fue debido a que de los tres métodos de administración de la carga estudiados, éste fue el que presentó mayores ventajas para la empresa, ya que es un método que permite monitorear el estado de carga de todos los transformadores de la red de forma segura y no requiere de la instalación de nuevos equipos en el sistema, puesto que toma la información de los totalizadores ya instalados por la empresa para detectar el estado de carga del resto de los equipos.

El principio de operación del sistema es una curva que se genera con la información arrojada por los totalizadores, en la cual se grafican los KVA máximos medidos por el totalizador Vs la energía facturada (KWh) en el punto de transformación. Con todos los puntos graficados para una localidad se realiza una aproximación lineal que representa la relación entre la energía facturada y los KVA máximos del transformador, la cual servirá para modelar el comportamiento del resto de transformadores de la zona que no posean totalizador instalado, ya que con el valor de la energía facturada en el punto, se podrán conocer los KVA máximos del transformador y luego relacionándolos con sus KVA nominales se obtendrá el factor de utilización del mismo.



Existen zonas de la ciudad en donde la linealidad de la relación entre las variables no se observa de forma exacta, esto debido a las pérdidas no técnicas existentes en ella, pero se buscará la mejor aproximación que se adecúe a la linealidad planteada para implementar el método TLM.

La información necesaria para realizar estos cálculos proviene de tres tablas suministradas por la empresa, procesadas a través del departamento de facturación y en las cuales se encuentran todas las características de cada punto de transformación. Estas tablas son cargadas mes a mes, ya que algunos renglones varían en el tiempo, e inclusive pueden existir nuevos transformadores de un mes a otro, los cuales al asignarles la localidad a la que pertenecen, el sistema los procesará de igual manera que el resto ya existentes en la base de datos.

Por ser éste un sistema que permite monitorear el estado de todos los transformadores de distribución de la red de ELEVAL y llevar un control del proceso, es necesario realizar el estudio en una serie de pasos.

Para comenzar, se ingresan los datos de los transformadores al sistema mes a mes, luego comienza la etapa de auditoría de los datos cargados, en esta etapa se observan y analizan estos datos, de existir alguna anomalía en un transformador se envía a revisión, se generará un listado de todos los transformadores que estén en estas condiciones para luego estudiar y resolver el problema de cada uno de ellos. Una vez culminada esta etapa, todos aquellos que no fueron enviados a revisión, pasan a un registro histórico, en el cual se almacenará el comportamiento del factor de utilización de cada transformador de la red, así como también, el total de transformadores de distribución de ELEVAL y el estado de carga de



los mismos, además de otra serie de datos de interés para la empresa como los KVA instalados, número de clientes asociados, característica, entre otros.

Todos estos resultados se pueden observar de forma independiente y por una serie de ventanas que permiten el acceso a cada uno de los reportes mencionados anteriormente. A continuación se explicarán cada una de las ventanas del programa, su contenido y todas sus características.

### **4.1 PARÁMETROS A DEFINIR PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE GESTIÓN DE CARGA PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.**

El sistema de gestión desarrollado fue concebido de tal manera que para ingresar un nuevo punto de transformación al estudio, es necesario primero definir una serie de parámetros como la localidad a la que pertenece y los límites de confianza de la misma, ya que en todo el estado Carabobo se pueden encontrar diferentes comportamientos de la carga según las actividades que se desarrollen en la zona y el nivel social presente en la misma. A continuación se explican detalladamente los criterios y métodos utilizados para definir estos parámetros:

#### **4.1.1 DIVISIÓN DE LAS LOCALIDADES:**

En vista de que la empresa surte de energía eléctrica a varios sectores del estado Carabobo, surge la necesidad de definir nuevas localidades, las cuales fueron seleccionadas agrupando las cargas con características similares. Una vez definidas todas las localidades se procedió a realizar la gráfica de KVA máximos Vs Energía Facturada (KWh) correspondiente al método TLM, para cada localidad definida.



En las localidades en las cuales no existen transformadores con totalizador instalado, no se puede realizar la gráfica de KVA máximo Vs energía facturada por lo tanto no se puede realizar el estudio del TLM. Por tal motivo surge la necesidad de definir el término de “Localidad Equivalente”, el cual permite evaluar estas localidades por medio de otra de características de carga similares y que si posea totalizadores. Este término también se aplicará a las localidades en las que la cantidad de transformadores con totalizadores represente menos del 10% del total de transformadores de la zona, ya que por tratarse de una estimación, con una muestra muy pequeña el resultado de la misma sería muy poco confiable.

Finalmente, luego de la división de los planos de la ciudad podemos observar en la tabla 4.1 las localidades que se obtuvieron:

Tabla 4.1: Definición de Localidades.

Localidades Definidas			
1	-*Sin Localidad	27	-Conjunto Resid. Valencia Norte
2	-Agua Blanca	28	-El Bosque
3	-B. Bocaina	29	-El Morro
4	-B. Cañaveral	30	-El Parral
5	-B. Centro 1	31	-El Viñedo
6	-B. Centro 2	32	-Flor Amarillo
7	-B. El Carmen Norte	33	-Guaparo
8	-B. El Consejo	34	-Guataparo
9	-B. El Prado	35	-Kerdell
10	-B. Eutimio Rivas	36	-La Ceiba
11	-B. Federación	37	-La Esmeralda
12	-B. Francisco de Miranda	38	-La Manguita
13	-B. J. Gregorio Hernández	39	-La Quizanda
14	-B. La Castrera	40	-La Viña
15	-B. La Maestranza	41	-Las Chimeneas
16	-B. La Milagrosa	42	-Las Clavellinas



Continuación tabla 4.1.

17	-B. La Planta	43	-Las Flores
18	-B. La Raya	44	-Los Cerritos
19	-B. Ruiz Pineda	45	-Los Colorados
20	-B. San Agustín	46	-Los Guayos
21	-B. Santa Rosa	47	-Los Nísperos
22	-B. Simón Bolívar	48	-Los Samanes
23	-Brisas del Este	49	-Naguanagua
24	-Candelaria	50	-Naranjillo
24	-Ciudad Alianza	51	-Parapará
26	-Conj. Resd. Las Aves	52	-Prebo
53	-Resd. Tulipanes	63	-U. Poblado
54	-San Blas	64	-U. Remanso
55	-Santa Inés	65	-U. Ritec
56	-Trigal	66	-U. Santa Ana
57	-U. Cabriales	67	-U. Valle Verde
58	-U. Fundación Mendoza	68	-Valle de Camoruco
59	-U. Ind. Guacamaya	69	-Z. Ind. Castillito
60	-U. Los Caobos	70	-Z. Ind. Las Garcitas
61	-U. Los Jarales	71	-Z. Ind. Valencia Sur
62	-U. Monteserino	72	-Zona Ind. El Trébol
<b>Localidades sin totalizador</b>			
1	-*Sin Localidad	10	-Los Guayos
2	-B. Centro 2	11	-Naranjillo
3	-Brisas del Este	12	-Parapará
4	-Ciudad Alianza	13	-San Blas
5	-El Morro	14	-U. Los Jarales
6	-Kerdell	15	-Z. Ind. Castillito
7	-Las Flores	16	-Z. Ind. Las Garcitas
8	-Los Cerritos	17	-La Quizanda
9	-Los Colorados		
<b>Total de Localidades Definidas</b>			<b>72</b>
<b>Total con Totalizador</b>			<b>55</b>
<b>Total sin Totalizador</b>			<b>17</b>



Del total de localidades definidas (72), solo diecisiete (17) de ellas no poseen transformadores con totalizador instalado, lo que representa un 23,6% por lo que se definieron diecisiete localidades equivalentes.

La finalidad de esta designación es lograr evaluar todas aquellas localidades que no posean totalizador instalado a través de localidades con características de carga que se consideren similares, tomando de ellas los parámetros necesarios para evaluar el método TLM, esta relación de localidad con sus respectiva localidad equivalente se presentará a continuación en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Relación de Localidad y Localidad Equivalente

N°	Localidad	Localidad Equivalente
1	*Sin Localidad	Los Samanes
2	B. Centro 2	Candelaria
3	Brisas del Este	Candelaria
4	Ciudad Alianza	Los Samanes
5	El Morro	La Esmeralda
6	Kerdell	La Ceiba
7	Las Flores	Las Chimeneas
8	Los Cerritos	U. Valle Verde
9	Los Colorados	Los Nisperos
10	Los Guayos	B. Cañaveral
11	Naranjillo	Los Samanes
12	Parapará	La Esmeralda
13	San Blas	Candelaria
14	U. Los Jarales	La Esmeralda
15	Z. Ind. Castillito	Z. Ind. Valencia Sur
16	Z. Ind. Las Garcitas	Z. Ind. Valencia Sur
17	La Quizanda	Los Samanes

La localidad definida como “\*Sin Localidad” representa todos los puntos de transformación que por su ubicación en el plano de la



ciudad no fue posible ubicarlos en alguna de las localidades definidas, ya que eran puntos remotos y aislados del resto de la población.

### **4.1.2 INTERVALOS DE CONFIANZA:**

En vista de que en algunas zonas de la ciudad las pérdidas no técnicas son elevadas, se presentan discrepancias entre el valor leído por el totalizador y lo que realmente se está facturando en el punto.

Adicionalmente, otro problema encontrado al realizar el estudio es que el totalizador esté mal instalado, lo cual ocasiona lecturas erróneas de la energía consumida. Estos casos producen efectos negativos en la aproximación lineal generada por el sistema, ya que ocasionan una mayor dispersión de los puntos a evaluar.

En primera instancia lo ideal sería excluir los puntos más alejados a la tendencia de la localidad en la que se encuentra, pero se correría el riesgo de que la cantidad de puntos excluidos fuera mayor a los evaluados, dando como resultado un análisis poco confiable. Para garantizar que todas las localidades ofrezcan un 95% de certeza de que los puntos que se evalúen estén dentro de los límites de confianza, se realizó un estudio estadístico por la distribución T de Student [19], para definir los límites de cada localidad.

Los límites inferior y superior están asociados al error que existe entre el verdadero valor medido por el totalizador (en KVA) y el valor obtenido en la aproximación lineal del método TLM, todos aquellos puntos que estén fuera de los mismos se excluirán del análisis. Para el cálculo de estos límites se utilizó la ecuación 2.19, los cuales quedaron definidos como se muestra a continuación en la tabla 4.3.



Tabla 4.3: Límites de confianza para las localidades establecidas.

Localidad	Límite Inferior	Límite Superior
Agua Blanca	-30,00	2,00
B. Bocaina	-249,00	22,00
B. Cañaveral	-4,00	3,00
B. Centro 1	-194,00	57,00
B. El Carmen Norte	-163,00	25,00
B. El Consejo	-148,00	31,00
B. El Prado	-52,00	6,00
B. Eutimio Rivas	-73,00	5,00
B. Federacion	-15,00	11,00
B. Francisco de Miranda	-78,00	18,00
B. J. Gregorio Hernandez	-44,00	10,00
B. La Castrera	-32,00	10,00
B. La Maestranza	-67,00	15,00
B. La Milagrosa	-134,00	13,00
B. La Planta	-62,00	21,00
B. La Raya	-56,00	2,00
B. Ruiz Pineda	-54,00	16,00
B. San Agustin	-68,00	6,00
B. Santa Rosa	-90,00	31,00
B. Simon Bolivar	-189,00	14,00
Candelaria	-33,00	12,00
Conj. Resd. Las Aves	-10,00	5,00
Conjunto Resid Valencia Norte	-23,00	4,00
El Bosque	-4,00	1,00
El Parral	-5,00	6,00
El Viñedo	-12,00	1,00
Flor Amarillo	-15,00	2,00
Guaparo	-6,00	2,00
Guataparo	-7,00	3,00
La Ceiba	-22,00	3,00
La Esmeralda	-5,00	0,00
La Manguita	-104,00	16,00
La Viña	-6,00	13,00



Continuación tabla 4.3.

Las Chimeneas	-10,00	2,00
Las Clavellinas	-48,00	21,00
Los Nisperos	-68,00	17,00
Los Samanes	-46,00	13,00
Naguanagua	-80,00	53,00
Prebo	-7,00	1,00
Resd. Tulipanes	-46,00	11,00
Santa Ines	-12,00	6,00
Trigal	-9,00	0,00
U. Cabriales	-138,00	11,00
U. Fundacion Mendoza	-7,00	3,00
U. Ind. Guacamaya	-25,00	11,00
U. Los Caobos	-17,00	7,00
U. Monteserino	-43,00	21,00
U. Poblado	-6,00	2,00
U. Remanso	-24,00	4,00
U. Ritec	-16,00	15,00
U. Santa Ana	-54,00	16,00
U. Valle Verde	-7,00	3,00
Valle de Camoruco	-5,00	7,00
Z. Ind. Valencia Sur	-69,00	13,00
Zona Ind. El Trebol	-54,00	81,00

Con estos rangos de operación incluidos en cada localidad se garantiza que cada una de ellas este trabajando con un 95% del total de transformadores con totalizador para realizar la gráfica correspondiente a cada zona.

## 4.2 DESARROLLO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CARGA PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.

Para la comprensión del funcionamiento del sistema se hace necesario definir y analizar cada uno de los algoritmos y funciones utilizados



para ejecutar el estudio que permite caracterizar detalladamente a los transformadores de la empresa Electricidad de Valencia. Cabe destacar que el uso de los diversos objetos propios del programa Microsoft Access serán explicados por la utilidad que representan para el administrador del sistema o para programadores futuros que deseen entender la filosofía de dicha programación.

La forma de organizar los datos en la programación del sistema fue a través de las herramientas y objetos que presenta Microsoft Access, entre los cuales se utilizaron los siguientes:

- Tablas: En ellas se encuentran asociados las rutas a los tres archivos suministrados por el departamento de facturación de Electricidad de Valencia, las mismas son exportadas a través de Microsoft Excel y se identifican como Isusxtra4, Lisnoc42 y Totalizadores. Estos archivos contienen todos los datos referentes a los suscriptores, parámetros de los circuitos de media tensión y lecturas de los totalizadores respectivamente, y son generados mensualmente por el departamento citado.

Adicionalmente existen otras tablas las cuales contienen la base de la información a mostrar en las diferentes pantallas del sistema, fueron generadas tanto para organizar los datos calculados en los procesos intermedios como para almacenar la información de mayor importancia que se genera luego de realizar la carga mensual de los archivos suministrados por la empresa Electricidad de Valencia.

- Consultas: Es el proceso intermedio, donde se realizan todos los cálculos necesarios para mostrar los resultados deseados en las



pantallas del sistema. Se utilizaron diversos tipos de consultas, como de anexar, actualización, unión, eliminación, creación, referencias cruzadas, búsqueda de no coincidentes, entre otras, según la necesidad que presentase el cálculo respectivo.

- **Formularios:** Son las diferentes pantallas, tanto principales como emergentes, que contienen de manera organizada la información a mostrar, la misma proviene de los datos encontrados tanto en las tablas como en las consultas y de esta forma, a través de las diversas herramientas de Microsoft Access realizar las acciones de búsqueda, mostrar gráficas, tablas, entre otras acciones.
- **Macros:** Son utilizados para almacenar de forma secuencial un conjunto de acciones, comandos e instrucciones de manera tal que se agrupen y se realicen todas a su vez al momento de ejecutar el mismo.
- **Relaciones:** Para lograr concordancia entre las diferentes consultas, tablas y formularios se hizo necesario relacionarlas a través de alguno de los datos que contenían, como el código, localidad, número de circuito entre otras y de esta forma lograr obtener los resultados deseados.

Para procesar la información proveniente del departamento de facturación y unir todas las tablas, consultas, formularios y demás herramientas de Microsoft Access a fin de generar los resultados del sistema de supervisión de carga en transformadores de distribución, se realizó un algoritmo, el cual toma en cuenta todas las características independientes de cada punto de transformación para realizar su análisis. Este algoritmo se muestra a continuación en la figura 4.1.

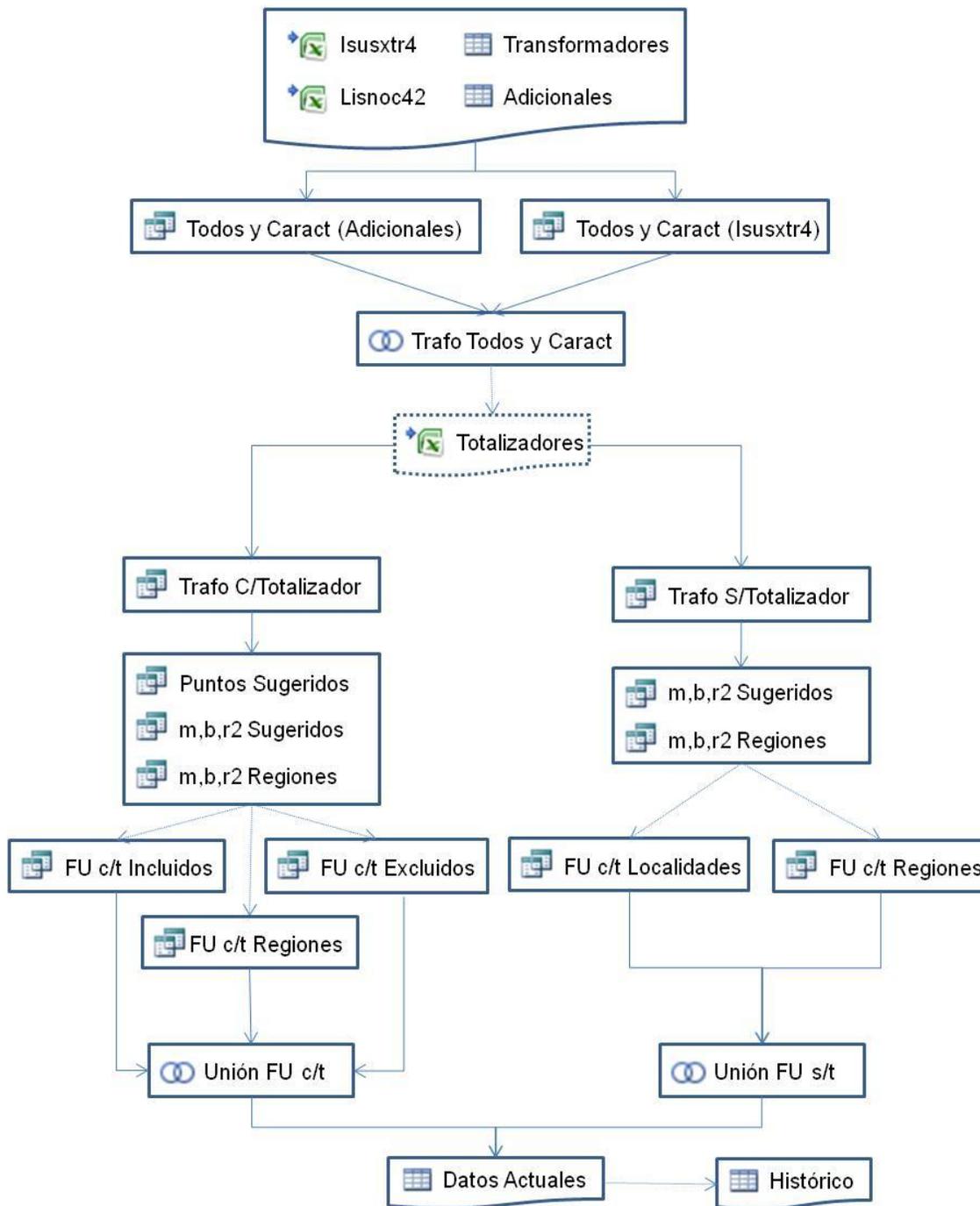


Figura 4.1 Algoritmo para generar las Tablas Datos Actuales e Histórico del Sistema.

### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE LA CARGA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.

Una vez conocido en forma básica cómo es la programación del sistema, se hace necesario entender el funcionamiento del mismo, para ello se explicarán cada una de las ventanas que posee, conociendo las funciones, herramientas y detalles que nos permitirán cargar los datos, realizar auditorías, observar gráficas, promedios mensuales, entre otras utilidades.

#### 4.3.1 VENTANA DE INICIO

Al cargar el sistema se desplegará la ventana de inicio, que da la bienvenida al programa, muestra los autores y tutores involucrados en el desarrollo del mismo. Para Iniciar es necesario pulsar el botón Inicio. El aspecto de la ventana de inicio se observa en la figura 4.2.

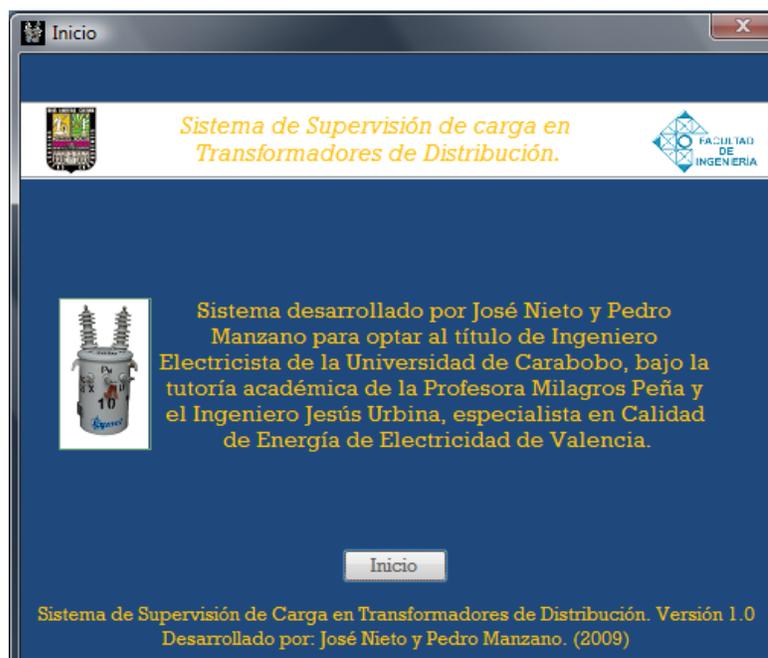


Figura 4.2 Pantalla Inicial del Sistema.

## 4.3.2 MENÚ PRINCIPAL

A partir de esta pantalla se puede acceder a todas las opciones del programa. Cada uno de los botones de esta pantalla tiene al lado derecho una breve explicación de lo que el usuario podrá observar si accede a él. En la figura 4.3 se mostrará una imagen de la pantalla principal del programa:

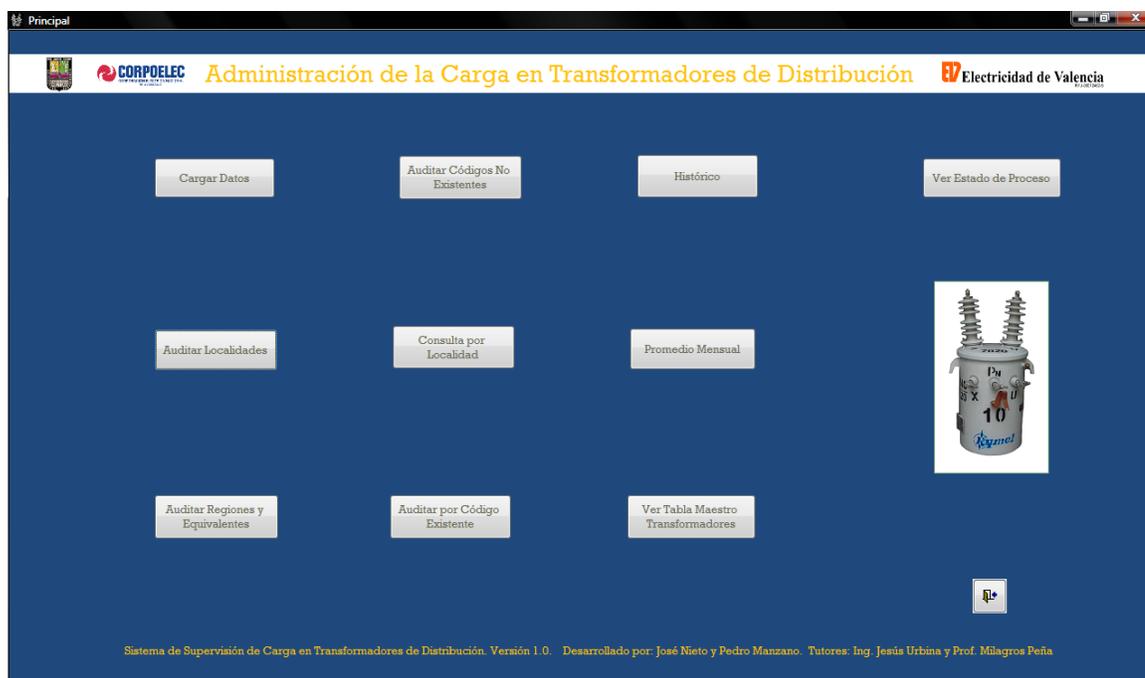


Figura 4.3 Menú Principal del Sistema.

Las opciones que ofrece el programa de administración de la carga en transformadores de distribución, son las siguientes:

- Cargar Datos.
- Auditar Localidades.
- Auditar Regiones y Equivalentes.
- Auditar Códigos no Existentes.

- Consulta por Localidad.
- Auditar por Código Existente.
- Histórico.
- Promedio Mensual.
- Ver Tabla Maestro Transformadores.
- Ver Estado de Proceso.

A continuación se explicarán las funciones que poseen cada uno de las opciones mencionadas anteriormente.

### 4.3.3 ESTADO DE PROCESO

A esta opción se puede acceder desde diferentes ventanas del sistema, la misma tiene la función de llevar un control del estado en que encuentra el proceso de auditoría de los datos, esto con la finalidad de que el usuario almacene allí cualquier información que necesite recordar mientras se encuentra en su sesión de trabajo. Se puede observar el aspecto de la ventana en la figura 4.4.

Figura 4.4 Ventana Proceso.

#### 4.3.4 CARGA DE DATOS MENSUALES

A esta pantalla es posible acceder solo desde el menú principal, presionando el botón "Cargar Datos". Tiene como función almacenar los datos en el sistema, tanto para la auditoría a los mismos como para la adición o eliminación de meses al histórico. El aspecto de la ventada se observa en la figura 4.5.

La imagen muestra una interfaz web con un encabezado azul que contiene el título "Carga de Datos Mensuales" y los logos de CORPOLEC y Electricidad de Valencia. El cuerpo de la interfaz es de color azul oscuro y contiene los siguientes elementos:

- Un campo de texto para "Fecha de nuevos datos a Agregar:" con un botón "Ver Estado de Proceso" a su derecha.
- Un texto "(Lisnoc42, Isusxtr4, Totalizador)" debajo del campo de fecha.
- Un botón "Cargar Datos Actuales" a la izquierda y un botón "Agregar Datos Actuales a Histórico" a la derecha.
- Un texto "(Se recomienda auditar los datos cargados antes de agregarlos a Histórico)" entre los dos botones.
- Un campo de texto para "Fecha a Eliminar de Histórico:" con un menú desplegable y un botón "Eliminar Registros a Histórico" a su derecha.
- Un ícono de ayuda en la esquina inferior derecha.

En la parte inferior de la pantalla, se encuentra el pie de página con el texto: "Sistema de Supervisión de Carga en Transformadores de Distribución. Versión 1.0. Desarrollado por: José Nieto y Pedro Manzano. Tutores: Ing. Jesús Urbina y Prof. Milagros Peña".

Figura 4.5 Carga de Datos Mensuales.

#### 4.3.5 AUDITORÍA A LOCALIDADES

Al iniciar el estudio del método TLM en el Edo. Carabobo se definieron las localidades contemplando toda la red de suscriptores de la Empresa, así como también los límites de confianza para cada una de ellas tras un estudio estadístico en cada zona. Debido al número de transformadores de distribución instalados en la empresa, los cuales

históricamente se han registrado en más de 6600 unidades, es necesario realizar el estudio de carga de los mismos por localidad, y así llevar un control preciso de la cantidad y ubicación de los equipos revisados.

Por otra parte, a medida que la red de Electricidad de Valencia vaya creciendo habrá que definir otras localidades, las cuales se pueden añadir a esta tabla junto con sus límites inferior y superior y automáticamente el sistema las incluirá en el estudio, en tanto se vayan cargando transformadores pertenecientes a estas nuevas localidades. En la figura 4.6 se puede observar una imagen de la tabla para auditar localidades y los campos que posee.

Localidad	Parroquia	Municipio	Límite Inferior	Límite Superior	Fecha de Actualización
*Sin Localidad			0,00	0,00	16/03/2009
Agua Blanca			-30,00	2,00	16/03/2009
B. Bocaina			-249,00	22,00	16/03/2009
B. Cañaveral			-4,00	3,00	16/03/2009
B. Centro 1			-194,00	57,00	16/03/2009
B. Centro 2			0,00	0,00	16/03/2009
B. El Carmen Norte			-163,00	25,00	16/03/2009
B. El Consejo			-148,00	31,00	16/03/2009
B. El Prado			-52,00	6,00	16/03/2009
B. Eutimio Rivas			-73,00	5,00	16/03/2009
B. Federacion			-15,00	11,00	16/03/2009
B. Francisco de Miranda			-78,00	18,00	16/03/2009
B. J. Gregorio Hernandez			-44,00	10,00	16/03/2009
B. La Castrera			-32,00	10,00	16/03/2009
B. La Maestranza			-67,00	15,00	16/03/2009
B. La Milagrosa			-134,00	13,00	16/03/2009
B. La Planta			-62,00	21,00	16/03/2009
B. La Raya			-56,00	2,00	16/03/2009
B. Ruiz Pineda			-54,00	16,00	16/03/2009
B. San Agustin			-68,00	6,00	16/03/2009
B. Santa Rosa			-90,00	31,00	16/03/2009
B. Simon Bolivar			-189,00	14,00	16/03/2009
Brisas del Este			0,00	0,00	16/03/2009
Candelaria			-33,00	12,00	16/03/2009
Ciudad Alianza			0,00	0,00	16/03/2009
Conj. Resd. Las Aves			-10,00	5,00	16/03/2009
Conjunto Resid Valencia Norte			-23,00	4,00	16/03/2009

Figura 4.6 Tabla para auditar localidades.

## 4.3.6 AUDITORÍA A LOCALIDADES EQUIVALENTES

Los transformadores con totalizador instalados por Electricidad de Valencia, que se encuentran en funcionamiento son aproximadamente 2500 unidades y están distribuidos en todo el estado, pero pese a que se trató de colocar estos equipos uniformemente, quedaron algunas zonas en las que no se instalaron. Por esta razón, al definir las localidades se presentaron algunas que no tenían totalizadores, por lo cual en ellas no se podía realizar el estudio por el método TLM.

Para solucionar este problema y poder evaluar con el TLM todas las localidades, se definieron las localidades equivalentes, de las cuales se tomarán los datos necesarios para evaluar las zonas sin totalizador. Al definir la relación entre una localidad con su localidad equivalente se tomó en cuenta que las características de carga de una y otra presentaran un comportamiento similar y que fueran localidades vecinas en la medida de lo posible. En la figura 4.7 se observa una imagen de la tabla “Auditar Localidades Equivalentes” y las relaciones establecidas en el inicio del estudio.

Localidad	Localidad Equivalente	Fecha de Actualización
*Sin Localidad	Los Samanes	16/03/2009
B. Centro 2	Candelaria	16/03/2009
Brisas del Este	Candelaria	16/03/2009
Ciudad Alianza	Los Samanes	16/03/2009
El Morro	La Esmeralda	16/03/2009
Kerdell	La Ceiba	16/03/2009
Las Flores	Las Chimeneas	16/03/2009
Los Cerritos	U. Valle Verde	16/03/2009
Los Colorados	Los Nisperos	16/03/2009
Los Guayos	B. Cañaveral	16/03/2009
Naranjillo	Los Samanes	16/03/2009
Parapará	La Esmeralda	16/03/2009
San Blas	Candelaria	16/03/2009
U. Los Jarales	La Esmeralda	16/03/2009
Z. Ind. Castillito	Z. Ind. Valencia Sur	16/03/2009
Z. Ind. Las Garcitas	Z. Ind. Valencia Sur	16/03/2009
La Quizanda	Los Samanes	16/03/2009

Figura 4.7 Tabla Auditar Localidades equivalentes.

## 4.3.7 AUDITORÍA DE CÓDIGOS NO EXISTENTES

Los archivos Isusxtr4, Lisnoc42 y Totalizadores que poseen toda la información acerca de los transformadores de distribución de la empresa son cargados mes a mes, y por ende, pueden presentarse cambios en cuanto a la cantidad de transformadores existentes de un mes a otro, ya que en ese período de tiempo se pueden haber instalado nuevos equipos, así como también se pueden haber desmantelado aquellos que para esa nueva fecha salieran de servicio.

Por esta razón es necesario que cada vez que se carguen los datos de un nuevo mes se realice una auditoría a aquellos puntos que aparezcan nuevos en el sistema, y así poder analizarlos con el método TLM del mismo modo que el resto de transformadores de la red. En la figura 4.8 se observa la ventana que nos permite modificar y agregar los datos nuevos.

La imagen muestra una interfaz de usuario para la auditoría de códigos no existentes. El título de la ventana es "Auditoría de Códigos No Existentes". En la parte superior, se muestran los logos de CORPOLEC y Electricidad de Valencia, junto con el título "Auditoría a Nuevos Puntos de Transformación en Datos Actuales".

En el centro, se indica "Puntos a Corregir: 151". Debajo, se muestran los filtros "Sin Localidad Asignada", "KVA Instalados = 0" y "Número de Circuito = 0".

Código	KVA Instalados	Capacidad	Cientes	Circuito	KWhFactDiario
E3CAHQ29	502,5	3x167,5	65	24	3273,2258064516
E4ACAB31	300	3x100	1	13	2291,7419354838
E3CBVR83	225	3x75	1	4	1669,1290322580
E1JCRP28C1	225	3x75	46	50	1290,0967741935
E3CADA11C3	502,5	3x167,5	35	23	1093,5806451612
E3CADC82	300	3x100	30	50	983,96774193548
E2GCTD55	75	3x25	11	103	772,77419354838

Total: 117

Debajo de la tabla, se indica "Puntos a Adicionar: (Complete los datos de los puntos auditados que desee agregar al mes actual)".

Código	Capacidad	Localidad	KVA Instalados	NumCto	% Desbalance	Observacion
*					0,15	

En la parte inferior derecha, se encuentran los botones "Ver Estado de Datos" y "Adicionar Puntos Auditados".

Figura 4.8 Auditoría de Códigos No Existentes.

## 4.3.8 GRÁFICA TLM

Observar la gráfica generada por el método TLM, es uno de los puntos principales que debe tener el sistema de gestión, ya que a través de ella se realiza el estudio y siempre es importante ver la curva con la que se está trabajando para cada localidad y ver qué tan buena es su correlación con los puntos de la zona. Para acceder a la curva del TLM desde el menú principal se debe presionar el botón de “Consulta por Localidad” con lo que se mostrará una ventana que posee una lista desplegable con las localidades del estado Carabobo, los límites analizados bajo el estudio de la t de student, la cantidad de puntos evaluados y excluidos en la relación lineal así como dos tablas que contienen la información de los transformadores con totalizador instalado que existen en la localidad seleccionada (ver figura 4.9).



Figura 4.9 Gráfica TLM Para Generar Factores de Utilización.

Adicionalmente esta pantalla posee dos botones, uno para actualizar los datos al cambiar la localidad seleccionada y otra para mostrar la gráfica de la relación lineal establecida por el método TLM, donde al presionar este último se desplegará una ventana emergente llamada “Gráfica TLM”, la cual se puede apreciar en la figura 4.10.

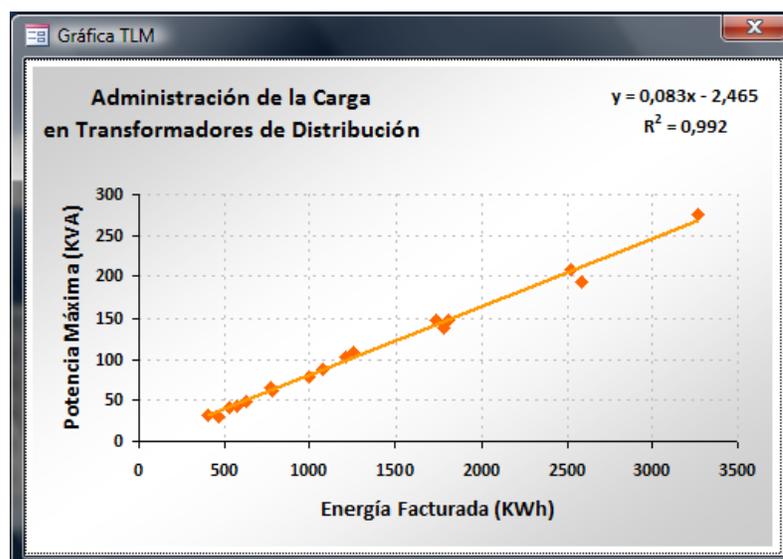


Figura 4.10 Ventana Gráfica TLM.

#### 4.3.9 FACTOR DE UTILIZACIÓN POR CÓDIGO

Se hace necesario poseer una herramienta dentro del sistema que permita consultar las diferentes características de un punto de transformación, seleccionándolo a través de su código, a esta ventana se puede acceder desde diferentes puntos del sistema, esto debido a que dispone de la información de todos los transformadores que se encuentran cargados en ese instante. El aspecto de la misma se ve reflejado en la figura 4.11.

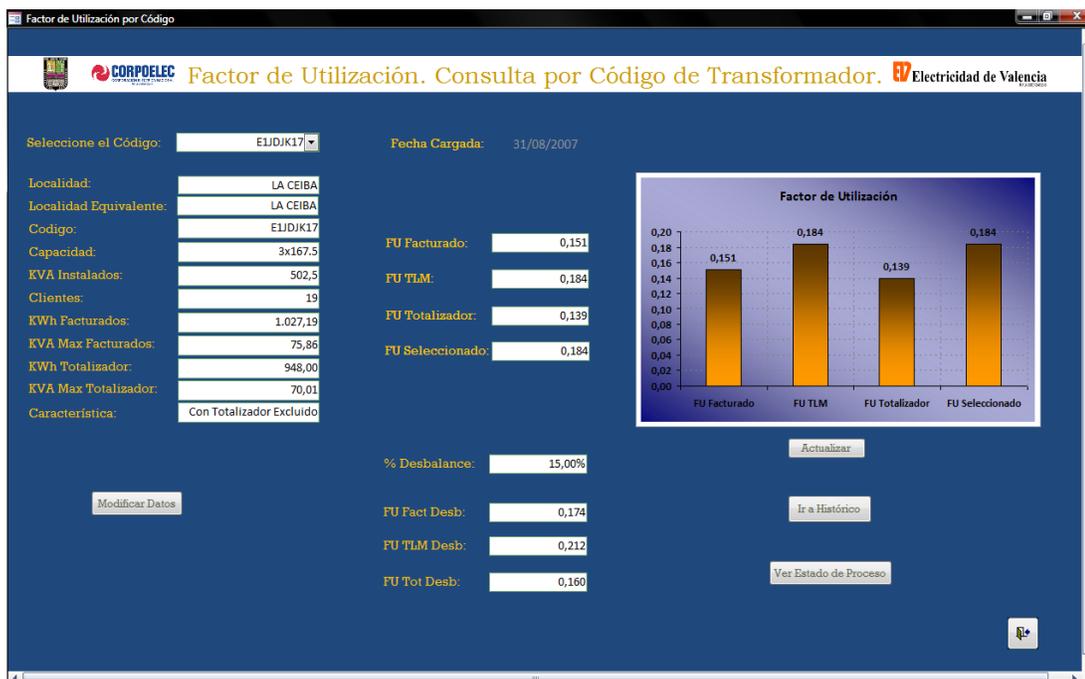


Figura 4.11 Factor de Utilización por Código.

### 4.3.10 HISTÓRICO

A esta opción se puede acceder tanto del menú principal como de la pantalla de consulta por código, su principal función es mostrar la información histórica por punto de transformación, en donde, para actualizar los datos se debe presionar el botón Actualizar Datos logrando de esta manera observarlos de forma tabular, con el contenido escrito de la información más importante del transformador, tal como se muestra en la figura 4.12.

Historico

**Factor de Utilización Por Código (Históricamente)**

Seleccione el Código: EUDJLS8 Actualizar Datos Graficar Factor de Utilización Histórico Ver Estado de Datos

Codigo	Fecha de Cierre	KVA Instalados	KWh Facturados	KVA Max Facturados	KWh Totalizador	KVA Max Totalizador	Característica
EUDJLS8	31/01/2007	112,50	1.101,45	70,05	1.554,00	98,82	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/01/2008	112,50	1.401,90	101,89	1.385,00	100,66	Con Totalizador Incluido
EUDJLS8	28/02/2007	112,50	1.012,29	76,41	1.341,00	101,22	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/03/2007	112,50	1.076,00	78,60	1.380,00	100,81	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	30/04/2007	112,50	1.057,29	82,56	1.316,00	102,76	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/05/2007	112,50	1.123,71	89,29	1.460,00	116,01	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	30/06/2007	112,50	1.123,71	86,26	1.419,00	108,93	Con Totalizador Incluido
EUDJLS8	31/07/2007	112,50	1.123,71	86,26	1.419,00	108,93	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/08/2007	112,50	1.204,32	95,69	1.301,00	103,37	Con Totalizador Incluido
EUDJLS8	30/09/2007	112,50	1.019,71	75,71	1.283,00	95,26	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/10/2007	112,50	1.256,55	91,79	1.337,00	97,67	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	30/11/2007	112,50	1.307,87	91,13	1.274,00	88,77	Con Totalizador Incluido
EUDJLS8	31/12/2007	112,50	1.383,06	99,43	1.400,00	100,64	Con Totalizador Excluido

Registro: 1 de 13 Sin filtro Buscar

Mostrar Totales Históricamente

Figura 4.12 Datos Históricos por Transformador.

Se puede observar también, al presionar el botón Graficar Factor de Utilización Histórico el comportamiento del Factor de Utilización de manera gráfica bajo los tres métodos calculados así como también el seleccionado por el sistema, como se muestra en la figura 4.13.

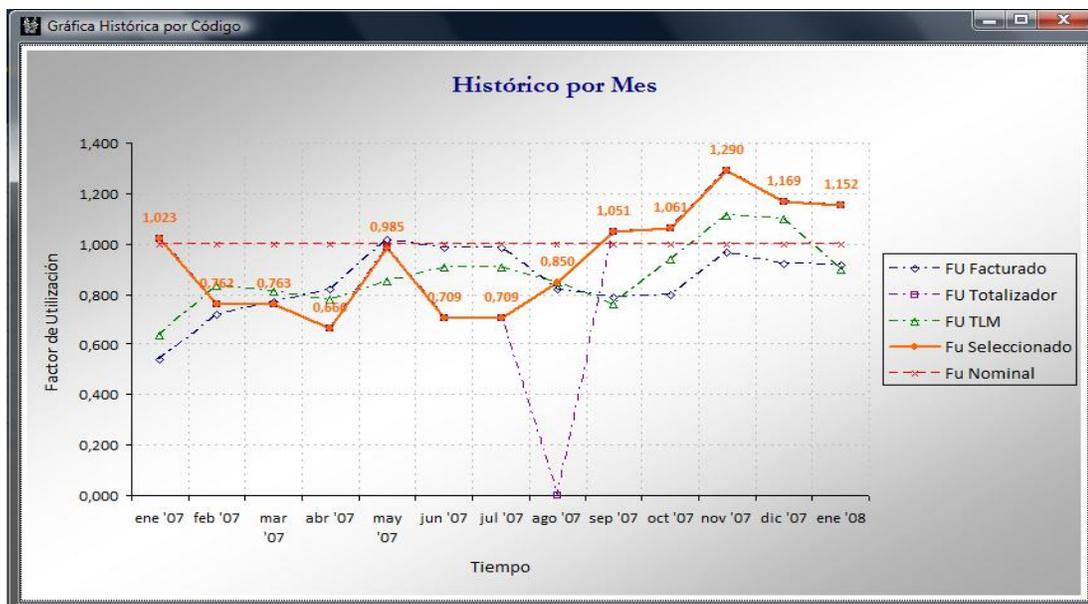


Figura 4.13 Gráfica Histórica por Código.

Adicionalmente en la ventana correspondiente al histórico del transformador se puede obtener la gráfica del total de transformadores a través del tiempo, ubicándolos en cuatro categorías según su estado de carga, tal como se muestra en la figura 4.14.

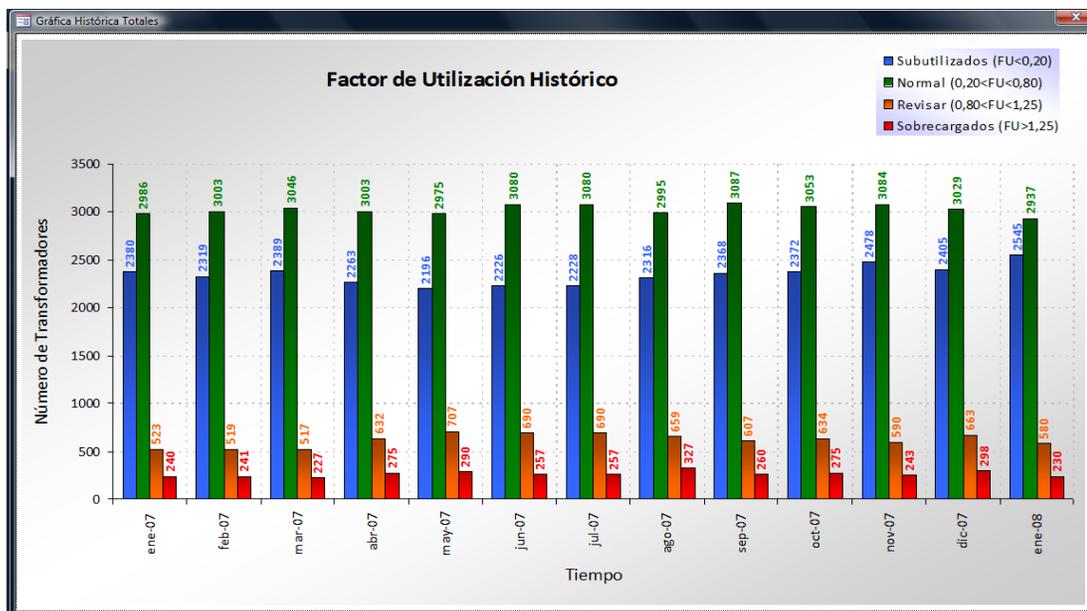


Figura 4.14 Gráfica Histórica Totales.

### 4.3.11 PROMEDIO MENSUAL

Esta opción permite tras ingresar una fecha de cierre de las almacenadas en el histórico del sistema, observar la cantidad de transformadores sobrecargados y subutilizados mensualmente para la fecha seleccionada, así como los detalles de la información de cada uno de estos equipos. En la figura 4.14 se observan las cuatro pestañas que posee esta ventana, las cuales tienen la información de los transformadores sobrecargados y subutilizados con sus respectivas características.

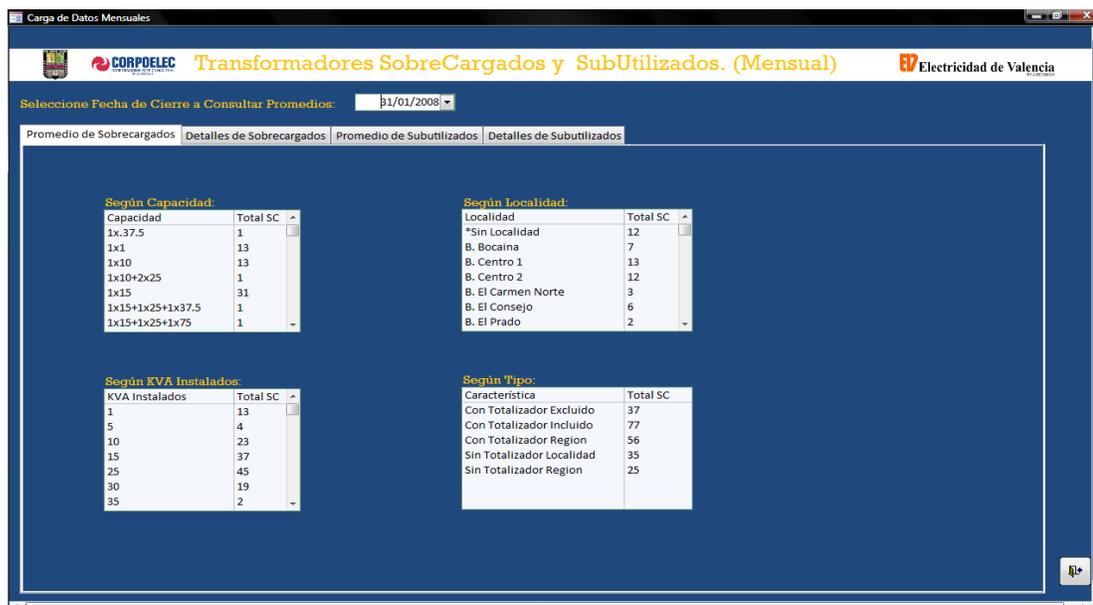


Figura 4.14 Transformadores Sobrecargados y Subutilizados (Mensual).

### 4.3.12 TRANSFORMADORES (TABLA MAESTRO)

Posee toda la información referente a los 6600 transformadores de la empresa, es una tabla de solo lectura en la cual se puede observar el estado de cada transformador, mas no modificar su contenido. En la figura 4.15 se muestra la tabla maestro “Transformadores”.

Código	Localidad	% Desbalance	Capacidad	KVA Instalados	Observacion	Fecha	Revisar
E1FARK24	Naguanagua	15,00%	3x75	225			
E1FARN96	Naguanagua	15,00%	3x50	150			
E1FARP49	Naguanagua	15,00%	3x37.5	112			
E1FARPS4	Naguanagua	15,00%	3x50	150			
E1FAZF86	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZG82	Naguanagua	0,00%	1x15	15			
E1FAZK36	Naguanagua	15,00%	3x10	30			
E1FAZK44	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZK80	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZK87	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZL00	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZL21	Naguanagua	15,00%	3x37.5	112			
E1FAZL28	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZL49	Naguanagua	15,00%	3x15	45			
E1FAZQ12	Naguanagua	15,00%	3x10	30			
E1FAZR06	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FBNK56	Naguanagua	15,00%	3x25	75			

Figura 4.28 Tabla Transformadores (Tabla Maestro).



---

## **CAPITULO IV: SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE CARGA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

El método seleccionado para la elaboración del sistema fue el TLM (Transformer Load Management), el cual como se mencionó en el capítulo 2, parte de un análisis estadístico y según el comportamiento de los transformadores con totalizadores ubicados en una localidad determinará las principales características del resto de transformadores que se encuentren dentro de la misma.

La selección del TLM, fue debido a que de los tres métodos de administración de la carga estudiados, éste fue el que presentó mayores ventajas para la empresa, ya que es un método que permite monitorear el estado de carga de todos los transformadores de la red de forma segura y no requiere de la instalación de nuevos equipos en el sistema, puesto que toma la información de los totalizadores ya instalados por la empresa para detectar el estado de carga del resto de los equipos.

El principio de operación del sistema es una curva que se genera con la información arrojada por los totalizadores, en la cual se grafican los KVA máximos medidos por el totalizador Vs la energía facturada (KWh) en el punto de transformación. Con todos los puntos graficados para una localidad se realiza una aproximación lineal que representa la relación entre la energía facturada y los KVA máximos del transformador, la cual servirá para modelar el comportamiento del resto de transformadores de la zona que no posean totalizador instalado, ya que con el valor de la energía facturada en el punto, se podrán conocer los KVA máximos del transformador y luego relacionándolos con sus KVA nominales se obtendrá el factor de utilización del mismo.



Existen zonas de la ciudad en donde la linealidad de la relación entre las variables no se observa de forma exacta, esto debido a las pérdidas no técnicas existentes en ella, pero se buscará la mejor aproximación que se adecúe a la linealidad planteada para implementar el método TLM.

La información necesaria para realizar estos cálculos proviene de tres tablas suministradas por la empresa, procesadas a través del departamento de facturación y en las cuales se encuentran todas las características de cada punto de transformación. Estas tablas son cargadas mes a mes, ya que algunos renglones varían en el tiempo, e inclusive pueden existir nuevos transformadores de un mes a otro, los cuales al asignarles la localidad a la que pertenecen, el sistema los procesará de igual manera que el resto ya existentes en la base de datos.

Por ser éste un sistema que permite monitorear el estado de todos los transformadores de distribución de la red de ELEVAL y llevar un control del proceso, es necesario realizar el estudio en una serie de pasos.

Para comenzar, se ingresan los datos de los transformadores al sistema mes a mes, luego comienza la etapa de auditoría de los datos cargados, en esta etapa se observan y analizan estos datos, de existir alguna anomalía en un transformador se envía a revisión, se generará un listado de todos los transformadores que estén en estas condiciones para luego estudiar y resolver el problema de cada uno de ellos. Una vez culminada esta etapa, todos aquellos que no fueron enviados a revisión, pasan a un registro histórico, en el cual se almacenará el comportamiento del factor de utilización de cada transformador de la red, así como también, el total de transformadores de distribución de ELEVAL y el estado de carga de



los mismos, además de otra serie de datos de interés para la empresa como los KVA instalados, número de clientes asociados, característica, entre otros.

Todos estos resultados se pueden observar de forma independiente y por una serie de ventanas que permiten el acceso a cada uno de los reportes mencionados anteriormente. A continuación se explicarán cada una de las ventanas del programa, su contenido y todas sus características.

### **4.1 PARÁMETROS A DEFINIR PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE GESTIÓN DE CARGA PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.**

El sistema de gestión desarrollado fue concebido de tal manera que para ingresar un nuevo punto de transformación al estudio, es necesario primero definir una serie de parámetros como la localidad a la que pertenece y los límites de confianza de la misma, ya que en todo el estado Carabobo se pueden encontrar diferentes comportamientos de la carga según las actividades que se desarrollen en la zona y el nivel social presente en la misma. A continuación se explican detalladamente los criterios y métodos utilizados para definir estos parámetros:

#### **4.1.1 DIVISIÓN DE LAS LOCALIDADES:**

En vista de que la empresa surte de energía eléctrica a varios sectores del estado Carabobo, surge la necesidad de definir nuevas localidades, las cuales fueron seleccionadas agrupando las cargas con características similares. Una vez definidas todas las localidades se procedió a realizar la gráfica de KVA máximos Vs Energía Facturada (KWh) correspondiente al método TLM, para cada localidad definida.



En las localidades en las cuales no existen transformadores con totalizador instalado, no se puede realizar la gráfica de KVA máximo Vs energía facturada por lo tanto no se puede realizar el estudio del TLM. Por tal motivo surge la necesidad de definir el término de “Localidad Equivalente”, el cual permite evaluar estas localidades por medio de otra de características de carga similares y que si posea totalizadores. Este término también se aplicará a las localidades en las que la cantidad de transformadores con totalizadores represente menos del 10% del total de transformadores de la zona, ya que por tratarse de una estimación, con una muestra muy pequeña el resultado de la misma sería muy poco confiable.

Finalmente, luego de la división de los planos de la ciudad podemos observar en la tabla 4.1 las localidades que se obtuvieron:

Tabla 4.1: Definición de Localidades.

Localidades Definidas			
1	-*Sin Localidad	27	-Conjunto Resid. Valencia Norte
2	-Agua Blanca	28	-El Bosque
3	-B. Bocaina	29	-El Morro
4	-B. Cañaveral	30	-El Parral
5	-B. Centro 1	31	-El Viñedo
6	-B. Centro 2	32	-Flor Amarillo
7	-B. El Carmen Norte	33	-Guaparo
8	-B. El Consejo	34	-Guataparo
9	-B. El Prado	35	-Kerdell
10	-B. Eutimio Rivas	36	-La Ceiba
11	-B. Federación	37	-La Esmeralda
12	-B. Francisco de Miranda	38	-La Manguita
13	-B. J. Gregorio Hernández	39	-La Quizanda
14	-B. La Castrera	40	-La Viña
15	-B. La Maestranza	41	-Las Chimeneas
16	-B. La Milagrosa	42	-Las Clavellinas



Continuación tabla 4.1.

17	-B. La Planta	43	-Las Flores
18	-B. La Raya	44	-Los Cerritos
19	-B. Ruiz Pineda	45	-Los Colorados
20	-B. San Agustín	46	-Los Guayos
21	-B. Santa Rosa	47	-Los Nisperos
22	-B. Simón Bolívar	48	-Los Samanes
23	-Brisas del Este	49	-Naguanagua
24	-Candelaria	50	-Naranjillo
24	-Ciudad Alianza	51	-Parapara
26	-Conj. Resd. Las Aves	52	-Prebo
53	-Resd. Tulipanes	63	-U. Poblado
54	-San Blas	64	-U. Remanso
55	-Santa Inés	65	-U. Ritec
56	-Trigal	66	-U. Santa Ana
57	-U. Cabriales	67	-U. Valle Verde
58	-U. Fundación Mendoza	68	-Valle de Camoruco
59	-U. Ind. Guacamaya	69	-Z. Ind. Castillito
60	-U. Los Caobos	70	-Z. Ind. Las Garcitas
61	-U. Los Jarales	71	-Z. Ind. Valencia Sur
62	-U. Monteserino	72	-Zona Ind. El Trébol
<b>Localidades sin totalizador</b>			
1	-*Sin Localidad	10	-Los Guayos
2	-B. Centro 2	11	-Naranjillo
3	-Brisas del Este	12	-Parapara
4	-Ciudad Alianza	13	-San Blas
5	-El Morro	14	-U. Los Jarales
6	-Kerdell	15	-Z. Ind. Castillito
7	-Las Flores	16	-Z. Ind. Las Garcitas
8	-Los Cerritos	17	-La Quizanda
9	-Los Colorados		
<b>Total de Localidades Definidas</b>			<b>72</b>
<b>Total con Totalizador</b>			<b>55</b>
<b>Total sin Totalizador</b>			<b>17</b>



Del total de localidades definidas (72), solo diecisiete (17) de ellas no poseen transformadores con totalizador instalado, lo que representa un 23,6% por lo que se definieron diecisiete localidades equivalentes.

La finalidad de esta designación es lograr evaluar todas aquellas localidades que no posean totalizador instalado a través de localidades con características de carga que se consideren similares, tomando de ellas los parámetros necesarios para evaluar el método TLM, esta relación de localidad con sus respectiva localidad equivalente se presentará a continuación en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Relación de Localidad y Localidad Equivalente

N°	Localidad	Localidad Equivalente
1	*Sin Localidad	Los Samanes
2	B. Centro 2	Candelaria
3	Brisas del Este	Candelaria
4	Ciudad Alianza	Los Samanes
5	El Morro	La Esmeralda
6	Kerdell	La Ceiba
7	Las Flores	Las Chimeneas
8	Los Cerritos	U. Valle Verde
9	Los Colorados	Los Nisperos
10	Los Guayos	B. Cañaveral
11	Naranjillo	Los Samanes
12	Paraparal	La Esmeralda
13	San Blas	Candelaria
14	U. Los Jarales	La Esmeralda
15	Z. Ind. Castillito	Z. Ind. Valencia Sur
16	Z. Ind. Las Garcitas	Z. Ind. Valencia Sur
17	La Quizanda	Los Samanes

La localidad definida como “\*Sin Localidad” representa todos los puntos de transformación que por su ubicación en el plano de la



ciudad no fue posible ubicarlos en alguna de las localidades definidas, ya que eran puntos remotos y aislados del resto de la población.

### 4.1.2 INTERVALOS DE CONFIANZA:

En vista de que en algunas zonas de la ciudad las pérdidas no técnicas son elevadas, se presentan discrepancias entre el valor leído por el totalizador y lo que realmente se está facturando en el punto.

Adicionalmente, otro problema encontrado al realizar el estudio es que el totalizador esté mal instalado, lo cual ocasiona lecturas erróneas de la energía consumida. Estos casos producen efectos negativos en la aproximación lineal generada por el sistema, ya que ocasionan una mayor dispersión de los puntos a evaluar.

En primera instancia lo ideal sería excluir los puntos más alejados a la tendencia de la localidad en la que se encuentra, pero se correría el riesgo de que la cantidad de puntos excluidos fuera mayor a los evaluados, dando como resultado un análisis poco confiable. Para garantizar que todas las localidades ofrezcan un 95% de certeza de que los puntos que se evalúen estén dentro de los límites de confianza, se realizó un estudio estadístico por la distribución T de Student [19], para definir los límites de cada localidad.

Los límites inferior y superior están asociados al error que existe entre el verdadero valor medido por el totalizador (en KVA) y el valor obtenido en la aproximación lineal del método TLM, todos aquellos puntos que estén fuera de los mismos se excluirán del análisis. Para el cálculo de estos límites se utilizó la ecuación 2.19, los cuales quedaron definidos como se muestra a continuación en la tabla 4.3.



Tabla 4.3: Límites de confianza para las localidades establecidas.

Localidad	Límite Inferior	Límite Superior
Agua Blanca	-30,00	2,00
B. Bocaina	-249,00	22,00
B. Cañaveral	-4,00	3,00
B. Centro 1	-194,00	57,00
B. El Carmen Norte	-163,00	25,00
B. El Consejo	-148,00	31,00
B. El Prado	-52,00	6,00
B. Eutimio Rivas	-73,00	5,00
B. Federacion	-15,00	11,00
B. Francisco de Miranda	-78,00	18,00
B. J. Gregorio Hernandez	-44,00	10,00
B. La Castrera	-32,00	10,00
B. La Maestranza	-67,00	15,00
B. La Milagrosa	-134,00	13,00
B. La Planta	-62,00	21,00
B. La Raya	-56,00	2,00
B. Ruiz Pineda	-54,00	16,00
B. San Agustin	-68,00	6,00
B. Santa Rosa	-90,00	31,00
B. Simon Bolivar	-189,00	14,00
Candelaria	-33,00	12,00
Conj. Resd. Las Aves	-10,00	5,00
Conjunto Resid Valencia Norte	-23,00	4,00
El Bosque	-4,00	1,00
El Parral	-5,00	6,00
El Viñedo	-12,00	1,00
Flor Amarillo	-15,00	2,00
Guaparo	-6,00	2,00
Guataparo	-7,00	3,00
La Ceiba	-22,00	3,00
La Esmeralda	-5,00	0,00
La Manguita	-104,00	16,00
La Viña	-6,00	13,00



Continuación tabla 4.3.

Las Chimeneas	-10,00	2,00
Las Clavellinas	-48,00	21,00
Los Nisperos	-68,00	17,00
Los Samanes	-46,00	13,00
Naguanagua	-80,00	53,00
Prebo	-7,00	1,00
Resd. Tulipanes	-46,00	11,00
Santa Ines	-12,00	6,00
Trigal	-9,00	0,00
U. Cabriales	-138,00	11,00
U. Fundacion Mendoza	-7,00	3,00
U. Ind. Guacamaya	-25,00	11,00
U. Los Caobos	-17,00	7,00
U. Monteserino	-43,00	21,00
U. Poblado	-6,00	2,00
U. Remanso	-24,00	4,00
U. Ritec	-16,00	15,00
U. Santa Ana	-54,00	16,00
U. Valle Verde	-7,00	3,00
Valle de Camoruco	-5,00	7,00
Z. Ind. Valencia Sur	-69,00	13,00
Zona Ind. El Trebol	-54,00	81,00

Con estos rangos de operación incluidos en cada localidad se garantiza que cada una de ellas este trabajando con un 95% del total de transformadores con totalizador para realizar la gráfica correspondiente a cada zona.

## 4.2 DESARROLLO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CARGA PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.

Para la comprensión del funcionamiento del sistema se hace necesario definir y analizar cada uno de los algoritmos y funciones utilizados



para ejecutar el estudio que permite caracterizar detalladamente a los transformadores de la empresa Electricidad de Valencia. Cabe destacar que el uso de los diversos objetos propios del programa Microsoft Access serán explicados por la utilidad que representan para el administrador del sistema o para programadores futuros que deseen entender la filosofía de dicha programación.

La forma de organizar los datos en la programación del sistema fue a través de las herramientas y objetos que presenta Microsoft Access, entre los cuales se utilizaron los siguientes:

- Tablas: En ellas se encuentran asociados las rutas a los tres archivos suministrados por el departamento de facturación de Electricidad de Valencia, las mismas son exportadas a través de Microsoft Excel y se identifican como Isusxtra4, Lisnoc42 y Totalizadores. Estos archivos contienen todos los datos referentes a los suscriptores, parámetros de los circuitos de media tensión y lecturas de los totalizadores respectivamente, y son generados mensualmente por el departamento citado.

Adicionalmente existen otras tablas las cuales contienen la base de la información a mostrar en las diferentes pantallas del sistema, fueron generadas tanto para organizar los datos calculados en los procesos intermedios como para almacenar la información de mayor importancia que se genera luego de realizar la carga mensual de los archivos suministrados por la empresa Electricidad de Valencia.

- Consultas: Es el proceso intermedio, donde se realizan todos los cálculos necesarios para mostrar los resultados deseados en las



pantallas del sistema. Se utilizaron diversos tipos de consultas, como de anexar, actualización, unión, eliminación, creación, referencias cruzadas, búsqueda de no coincidentes, entre otras, según la necesidad que presentase el cálculo respectivo.

- Formularios: Son las diferentes pantallas, tanto principales como emergentes, que contienen de manera organizada la información a mostrar, la misma proviene de los datos encontrados tanto en las tablas como en las consultas y de esta forma, a través de las diversas herramientas de Microsoft Access realizar las acciones de búsqueda, mostrar gráficas, tablas, entre otras acciones.
- Macros: Son utilizados para almacenar de forma secuencial un conjunto de acciones, comandos e instrucciones de manera tal que se agrupen y se realicen todas a su vez al momento de ejecutar el mismo.
- Relaciones: Para lograr concordancia entre las diferentes consultas, tablas y formularios se hizo necesario relacionarlas a través de alguno de los datos que contenían, como el código, localidad, número de circuito entre otras y de esta forma lograr obtener los resultados deseados.

Para procesar la información proveniente del departamento de facturación y unir todas las tablas, consultas, formularios y demás herramientas de Microsoft Access a fin de generar los resultados del sistema de supervisión de carga en transformadores de distribución, se realizó un algoritmo, el cual toma en cuenta todas las características independientes de cada punto de transformación para realizar su análisis. Este algoritmo se muestra a continuación en la figura 4.1.

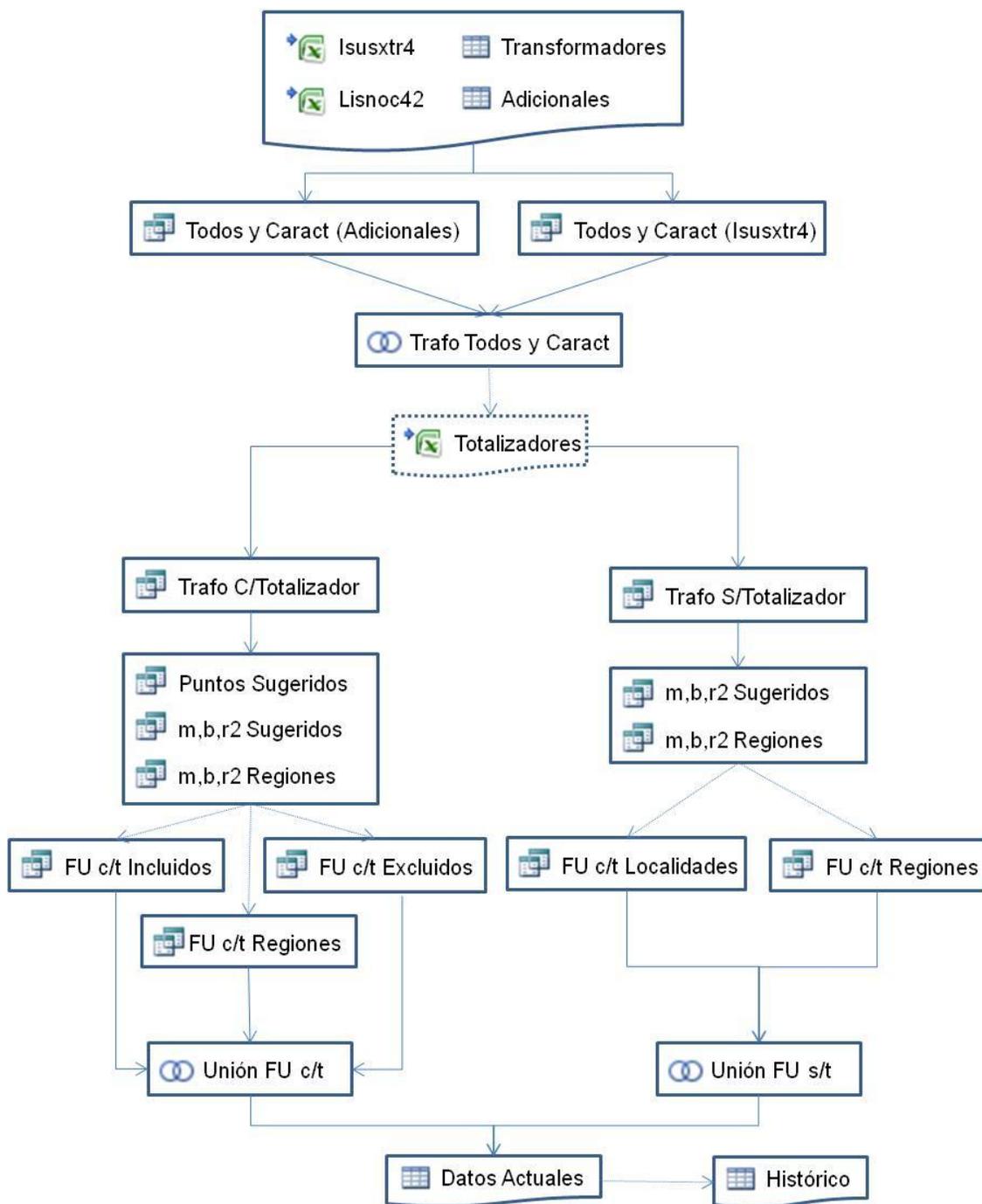


Figura 4.1 Algoritmo para generar las Tablas Datos Actuales e Histórico del Sistema.

### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE LA CARGA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.

Una vez conocido en forma básica cómo es la programación del sistema, se hace necesario entender el funcionamiento del mismo, para ello se explicarán cada una de las ventanas que posee, conociendo las funciones, herramientas y detalles que nos permitirán cargar los datos, realizar auditorías, observar gráficas, promedios mensuales, entre otras utilidades.

#### 4.3.1 VENTANA DE INICIO

Al cargar el sistema se desplegará la ventana de inicio, que da la bienvenida al programa, muestra los autores y tutores involucrados en el desarrollo del mismo. Para Iniciar es necesario pulsar el botón Inicio. El aspecto de la ventana de inicio se observa en la figura 4.2.

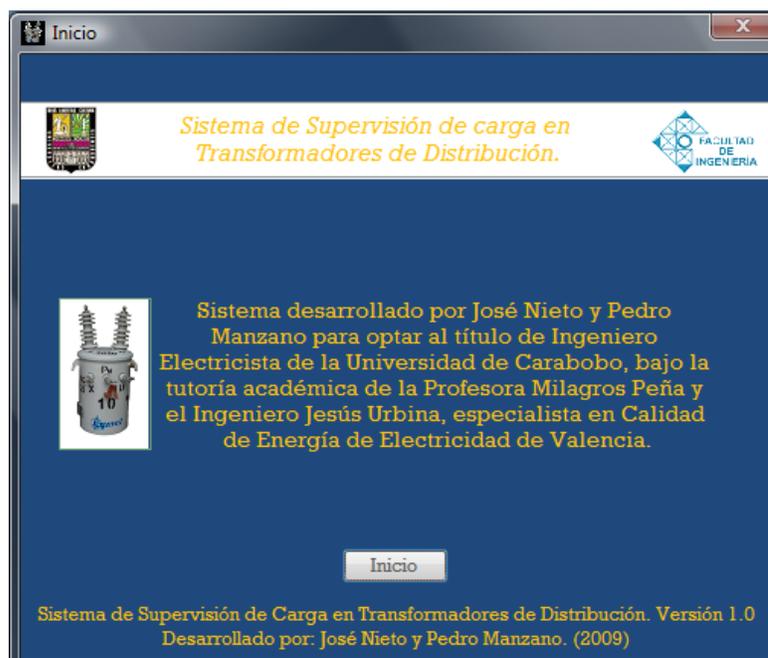


Figura 4.2 Pantalla Inicial del Sistema.

## 4.3.2 MENÚ PRINCIPAL

A partir de esta pantalla se puede acceder a todas las opciones del programa. Cada uno de los botones de esta pantalla tiene al lado derecho una breve explicación de lo que el usuario podrá observar si accede a él. En la figura 4.3 se mostrará una imagen de la pantalla principal del programa:

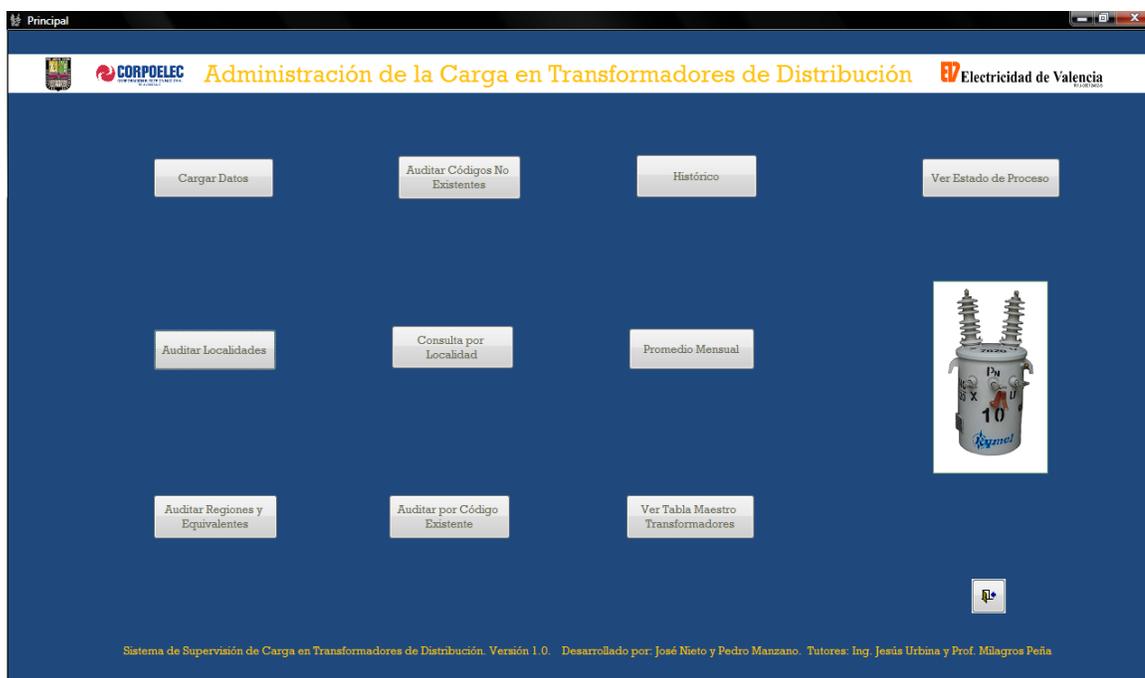


Figura 4.3 Menú Principal del Sistema.

Las opciones que ofrece el programa de administración de la carga en transformadores de distribución, son las siguientes:

- Cargar Datos.
- Auditar Localidades.
- Auditar Regiones y Equivalentes.
- Auditar Códigos no Existentes.

- Consulta por Localidad.
- Auditar por Código Existente.
- Histórico.
- Promedio Mensual.
- Ver Tabla Maestro Transformadores.
- Ver Estado de Proceso.

A continuación se explicarán las funciones que poseen cada uno de las opciones mencionadas anteriormente.

### 4.3.3 ESTADO DE PROCESO

A esta opción se puede acceder desde diferentes ventanas del sistema, la misma tiene la función de llevar un control del estado en que encuentra el proceso de auditoría de los datos, esto con la finalidad de que el usuario almacene allí cualquier información que necesite recordar mientras se encuentra en su sesión de trabajo. Se puede observar el aspecto de la ventana en la figura 4.4.

Figura 4.4 Ventana Proceso.

#### 4.3.4 CARGA DE DATOS MENSUALES

A esta pantalla es posible acceder solo desde el menú principal, presionando el botón "Cargar Datos". Tiene como función almacenar los datos en el sistema, tanto para la auditoría a los mismos como para la adición o eliminación de meses al histórico. El aspecto de la ventada se observa en la figura 4.5.

La imagen muestra una interfaz web con un encabezado azul que contiene el título "Carga de Datos Mensuales" y los logos de CORPOLEC y Electricidad de Valencia. El cuerpo de la interfaz es de color azul oscuro y contiene los siguientes elementos:

- Un campo de texto para "Fecha de nuevos datos a Agregar:" con un botón "Ver Estado de Proceso" a su derecha.
- Un texto "(Lisnoc42, Isusxtr4, Totalizador)" debajo del campo de fecha.
- Un botón "Cargar Datos Actuales" y un botón "Agregar Datos Actuales a Histórico".
- Un texto "(Se recomienda auditar los datos cargados antes de agregarlos a Histórico)" entre los dos botones.
- Un campo de texto para "Fecha a Eliminar de Histórico:" con un menú desplegable y un botón "Eliminar Registros a Histórico" a su derecha.
- Un ícono de ayuda en la esquina inferior derecha.

En la parte inferior de la pantalla, se encuentra el pie de página: "Sistema de Supervisión de Carga en Transformadores de Distribución. Versión 1.0. Desarrollado por: José Nieto y Pedro Manzano. Tutores: Ing. Jesús Urbina y Prof. Milagros Peña".

Figura 4.5 Carga de Datos Mensuales.

#### 4.3.5 AUDITORÍA A LOCALIDADES

Al iniciar el estudio del método TLM en el Edo. Carabobo se definieron las localidades contemplando toda la red de suscriptores de la Empresa, así como también los límites de confianza para cada una de ellas tras un estudio estadístico en cada zona. Debido al número de transformadores de distribución instalados en la empresa, los cuales

históricamente se han registrado en más de 6600 unidades, es necesario realizar el estudio de carga de los mismos por localidad, y así llevar un control preciso de la cantidad y ubicación de los equipos revisados.

Por otra parte, a medida que la red de Electricidad de Valencia vaya creciendo habrá que definir otras localidades, las cuales se pueden añadir a esta tabla junto con sus límites inferior y superior y automáticamente el sistema las incluirá en el estudio, en tanto se vayan cargando transformadores pertenecientes a estas nuevas localidades. En la figura 4.6 se puede observar una imagen de la tabla para auditar localidades y los campos que posee.

Localidad	Parroquia	Municipio	Límite Inferior	Límite Superior	Fecha de Actualización
*Sin Localidad			0,00	0,00	16/03/2009
Agua Blanca			-30,00	2,00	16/03/2009
B. Bocaina			-249,00	22,00	16/03/2009
B. Cañaveral			-4,00	3,00	16/03/2009
B. Centro 1			-194,00	57,00	16/03/2009
B. Centro 2			0,00	0,00	16/03/2009
B. El Carmen Norte			-163,00	25,00	16/03/2009
B. El Consejo			-148,00	31,00	16/03/2009
B. El Prado			-52,00	6,00	16/03/2009
B. Eutimio Rivas			-73,00	5,00	16/03/2009
B. Federacion			-15,00	11,00	16/03/2009
B. Francisco de Miranda			-78,00	18,00	16/03/2009
B. J. Gregorio Hernandez			-44,00	10,00	16/03/2009
B. La Castrera			-32,00	10,00	16/03/2009
B. La Maestranza			-67,00	15,00	16/03/2009
B. La Milagrosa			-134,00	13,00	16/03/2009
B. La Planta			-62,00	21,00	16/03/2009
B. La Raya			-56,00	2,00	16/03/2009
B. Ruiz Pineda			-54,00	16,00	16/03/2009
B. San Agustin			-68,00	6,00	16/03/2009
B. Santa Rosa			-90,00	31,00	16/03/2009
B. Simon Bolivar			-189,00	14,00	16/03/2009
Brisas del Este			0,00	0,00	16/03/2009
Candelaria			-33,00	12,00	16/03/2009
Ciudad Alianza			0,00	0,00	16/03/2009
Conj. Resd. Las Aves			-10,00	5,00	16/03/2009
Conjunto Resid Valencia Norte			-23,00	4,00	16/03/2009

Figura 4.6 Tabla para auditar localidades.

## 4.3.6 AUDITORÍA A LOCALIDADES EQUIVALENTES

Los transformadores con totalizador instalados por Electricidad de Valencia, que se encuentran en funcionamiento son aproximadamente 2500 unidades y están distribuidos en todo el estado, pero pese a que se trató de colocar estos equipos uniformemente, quedaron algunas zonas en las que no se instalaron. Por esta razón, al definir las localidades se presentaron algunas que no tenían totalizadores, por lo cual en ellas no se podía realizar el estudio por el método TLM.

Para solucionar este problema y poder evaluar con el TLM todas las localidades, se definieron las localidades equivalentes, de las cuales se tomarán los datos necesarios para evaluar las zonas sin totalizador. Al definir la relación entre una localidad con su localidad equivalente se tomó en cuenta que las características de carga de una y otra presentaran un comportamiento similar y que fueran localidades vecinas en la medida de lo posible. En la figura 4.7 se observa una imagen de la tabla “Auditar Localidades Equivalentes” y las relaciones establecidas en el inicio del estudio.

Localidad	Localidad Equivalente	Fecha de Actualización
*Sin Localidad	Los Samanes	16/03/2009
B. Centro 2	Candelaria	16/03/2009
Brisas del Este	Candelaria	16/03/2009
Ciudad Alianza	Los Samanes	16/03/2009
El Morro	La Esmeralda	16/03/2009
Kerdell	La Ceiba	16/03/2009
Las Flores	Las Chimeneas	16/03/2009
Los Cerritos	U. Valle Verde	16/03/2009
Los Colorados	Los Nisperos	16/03/2009
Los Guayos	B. Cañaveral	16/03/2009
Naranjillo	Los Samanes	16/03/2009
Paraparal	La Esmeralda	16/03/2009
San Blas	Candelaria	16/03/2009
U. Los Jarales	La Esmeralda	16/03/2009
Z. Ind. Castillito	Z. Ind. Valencia Sur	16/03/2009
Z. Ind. Las Garcitas	Z. Ind. Valencia Sur	16/03/2009
La Quizanda	Los Samanes	16/03/2009
*		

Figura 4.7 Tabla Auditar Localidades equivalentes.

## 4.3.7 AUDITORÍA DE CÓDIGOS NO EXISTENTES

Los archivos Isusxtr4, Lisnoc42 y Totalizadores que poseen toda la información acerca de los transformadores de distribución de la empresa son cargados mes a mes, y por ende, pueden presentarse cambios en cuanto a la cantidad de transformadores existentes de un mes a otro, ya que en ese período de tiempo se pueden haber instalado nuevos equipos, así como también se pueden haber desmantelado aquellos que para esa nueva fecha salieran de servicio.

Por esta razón es necesario que cada vez que se carguen los datos de un nuevo mes se realice una auditoría a aquellos puntos que aparezcan nuevos en el sistema, y así poder analizarlos con el método TLM del mismo modo que el resto de transformadores de la red. En la figura 4.8 se observa la ventana que nos permite modificar y agregar los datos nuevos.

**Auditoría de Códigos No Existentes**

**Auditoría a Nuevos Puntos de Transformación en Datos Actuales** | Electricidad de Valencia

Puntos a Corregir: 151

Sin Localidad Asignada | KVA Instalados = 0 | Número de Circuito = 0

Código	KVA Instalados	Capacidad	Cientes	Circuito	KWhFactDiario
E3CAHQ29	502,5	3x167,5	65	24	3273,2258064516
E4ACAB31	300	3x100	1	13	2291,7419354838
E3CBVR83	225	3x75	1	4	1669,1290322580
E1JCRP28C1	225	3x75	46	50	1290,0967741935
E3CADA11C3	502,5	3x167,5	35	23	1093,5806451612
E3CADC82	300	3x100	30	50	983,96774193548
E2GCTD55	75	3x25	11	103	772,77419354838

Total: 117

Puntos a Adicionar:  
(Complete los datos de los puntos auditados que desee agregar al mes actual)

Código	Capacidad	Localidad	KVA Instalados	NumCto	% Desbalance	Observacion
*					0,15	

Ver Estado de Datos

Adicionar Puntos Auditados

Figura 4.8 Auditoría de Códigos No Existentes.

## 4.3.8 GRÁFICA TLM

Observar la gráfica generada por el método TLM, es uno de los puntos principales que debe tener el sistema de gestión, ya que a través de ella se realiza el estudio y siempre es importante ver la curva con la que se está trabajando para cada localidad y ver qué tan buena es su correlación con los puntos de la zona. Para acceder a la curva del TLM desde el menú principal se debe presionar el botón de “Consulta por Localidad” con lo que se mostrará una ventana que posee una lista desplegable con las localidades del estado Carabobo, los límites analizados bajo el estudio de la t de student, la cantidad de puntos evaluados y excluidos en la relación lineal así como dos tablas que contienen la información de los transformadores con totalizador instalado que existen en la localidad seleccionada (ver figura 4.9).



Figura 4.9 Gráfica TLM Para Generar Factores de Utilización.

Adicionalmente esta pantalla posee dos botones, uno para actualizar los datos al cambiar la localidad seleccionada y otra para mostrar la gráfica de la relación lineal establecida por el método TLM, donde al presionar este último se desplegará una ventana emergente llamada “Gráfica TLM”, la cual se puede apreciar en la figura 4.10.

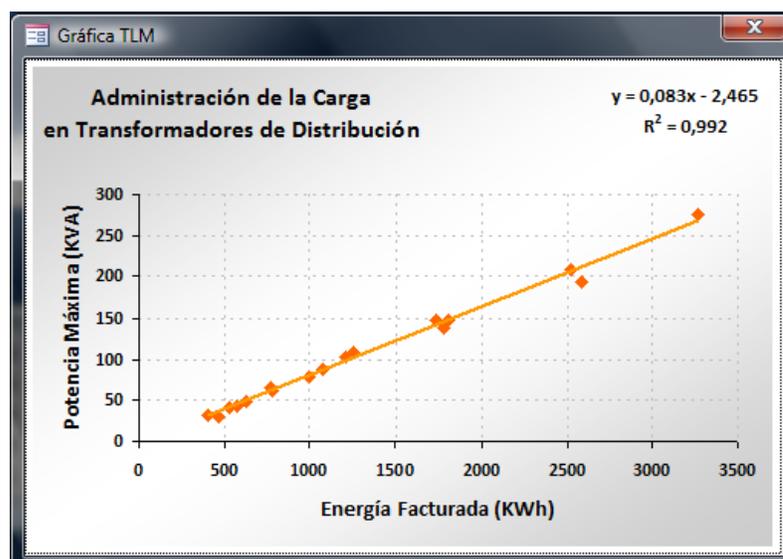


Figura 4.10 Ventana Gráfica TLM.

#### 4.3.9 FACTOR DE UTILIZACIÓN POR CÓDIGO

Se hace necesario poseer una herramienta dentro del sistema que permita consultar las diferentes características de un punto de transformación, seleccionándolo a través de su código, a esta ventana se puede acceder desde diferentes puntos del sistema, esto debido a que dispone de la información de todos los transformadores que se encuentran cargados en ese instante. El aspecto de la misma se ve reflejado en la figura 4.11.

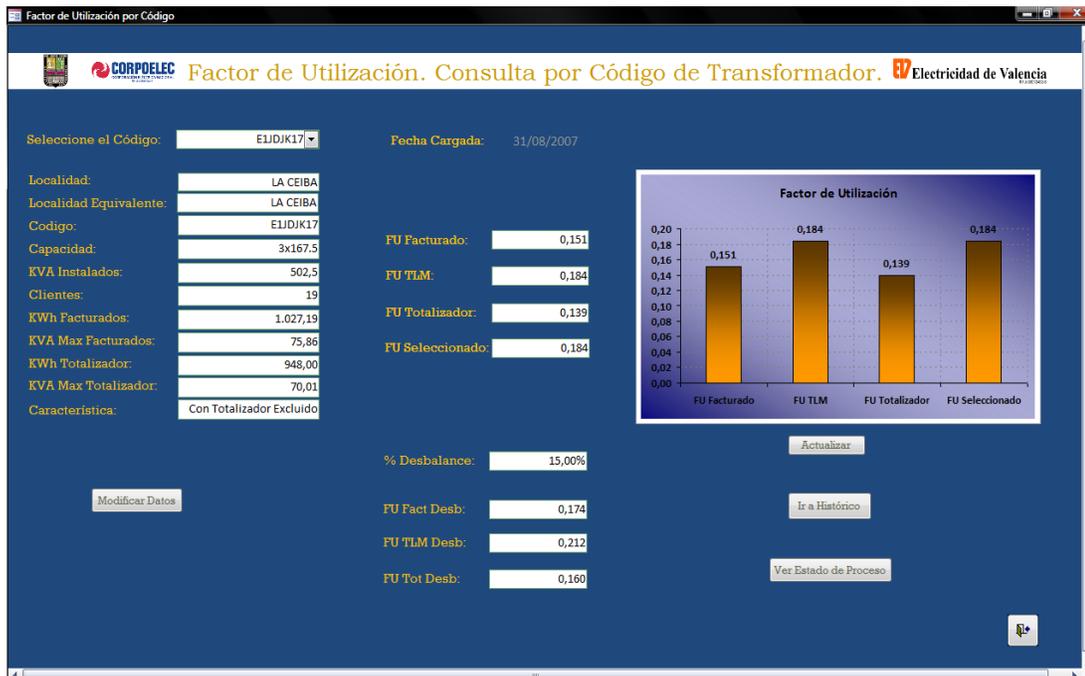


Figura 4.11 Factor de Utilización por Código.

### 4.3.10 HISTÓRICO

A esta opción se puede acceder tanto del menú principal como de la pantalla de consulta por código, su principal función es mostrar la información histórica por punto de transformación, en donde, para actualizar los datos se debe presionar el botón Actualizar Datos logrando de esta manera observarlos de forma tabular, con el contenido escrito de la información más importante del transformador, tal como se muestra en la figura 4.12.

Factor de Utilización Por Código (Históricamente)

Seleccione el Código: EUDJLS8    Actualizar Datos    Graficar Factor de Utilización Histórico    Ver Estado de Datos

Codigo	Fecha de Cierre	KVA Instalados	KWh Facturados	KVA Max Facturados	KWh Totalizador	KVA Max Totalizador	Característica
EUDJLS8	31/01/2007	112,50	1.101,45	70,05	1.554,00	98,82	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/01/2008	112,50	1.401,90	101,89	1.385,00	100,66	Con Totalizador Incluido
EUDJLS8	28/02/2007	112,50	1.012,29	76,41	1.341,00	101,22	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/03/2007	112,50	1.076,00	78,60	1.380,00	100,81	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	30/04/2007	112,50	1.057,29	82,56	1.316,00	102,76	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/05/2007	112,50	1.123,71	89,29	1.460,00	116,01	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	30/06/2007	112,50	1.123,71	86,26	1.419,00	108,93	Con Totalizador Incluido
EUDJLS8	31/07/2007	112,50	1.123,71	86,26	1.419,00	108,93	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/08/2007	112,50	1.204,32	95,69	1.301,00	103,37	Con Totalizador Incluido
EUDJLS8	30/09/2007	112,50	1.019,71	75,71	1.283,00	95,26	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	31/10/2007	112,50	1.256,55	91,79	1.337,00	97,67	Con Totalizador Excluido
EUDJLS8	30/11/2007	112,50	1.307,87	91,13	1.274,00	88,77	Con Totalizador Incluido
EUDJLS8	31/12/2007	112,50	1.383,06	99,43	1.400,00	100,64	Con Totalizador Excluido

Registro: 1 de 13    Sin filtro    Buscar    Mostrar Totales Históricamente

Figura 4.12 Datos Históricos por Transformador.

Se puede observar también, al presionar el botón Graficar Factor de Utilización Histórico el comportamiento del Factor de Utilización de manera gráfica bajo los tres métodos calculados así como también el seleccionado por el sistema, como se muestra en la figura 4.13.

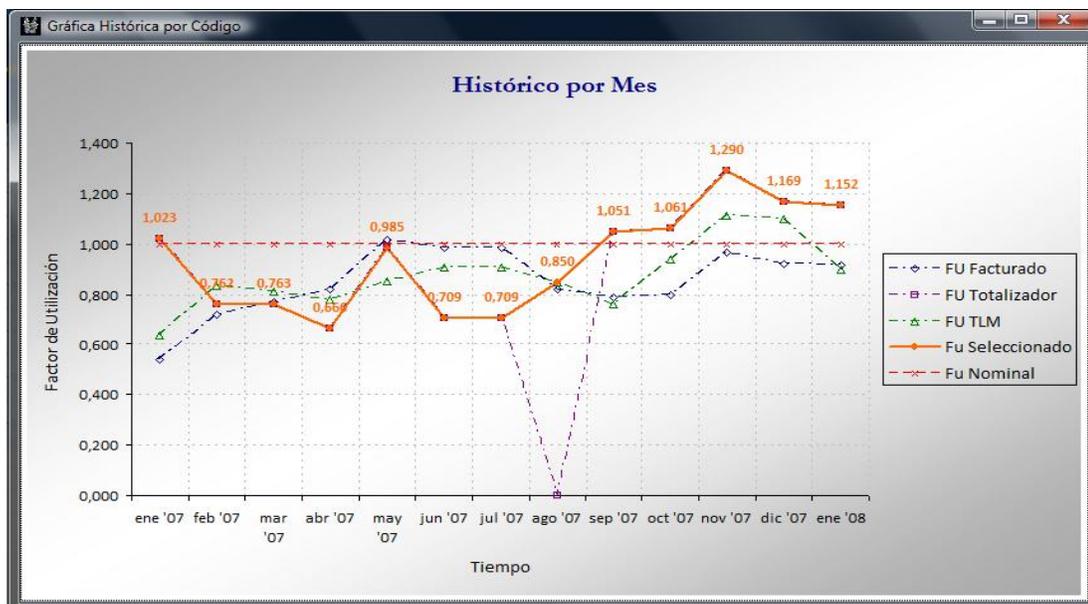


Figura 4.13 Gráfica Histórica por Código.

Adicionalmente en la ventana correspondiente al histórico del transformador se puede obtener la gráfica del total de transformadores a través del tiempo, ubicándolos en cuatro categorías según su estado de carga, tal como se muestra en la figura 4.14.

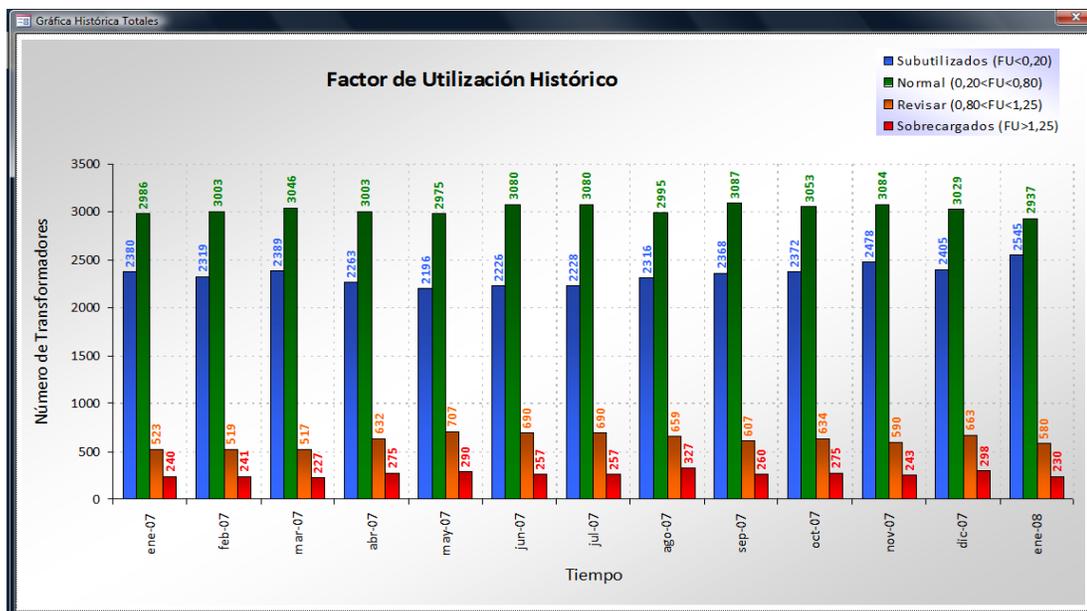


Figura 4.14 Gráfica Histórica Totales.

### 4.3.11 PROMEDIO MENSUAL

Esta opción permite tras ingresar una fecha de cierre de las almacenadas en el histórico del sistema, observar la cantidad de transformadores sobrecargados y subutilizados mensualmente para la fecha seleccionada, así como los detalles de la información de cada uno de estos equipos. En la figura 4.14 se observan las cuatro pestañas que posee esta ventana, las cuales tienen la información de los transformadores sobrecargados y subutilizados con sus respectivas características.

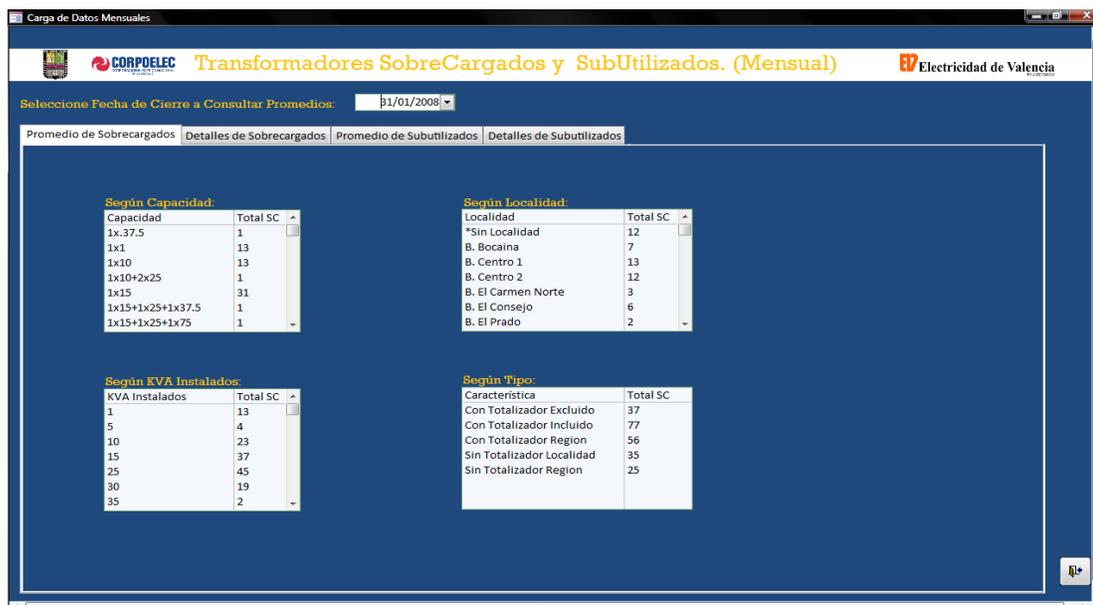


Figura 4.14 Transformadores Sobrecargados y Subutilizados (Mensual).

### 4.3.12 TRANSFORMADORES (TABLA MAESTRO)

Posee toda la información referente a los 6600 transformadores de la empresa, es una tabla de solo lectura en la cual se puede observar el estado de cada transformador, mas no modificar su contenido. En la figura 4.15 se muestra la tabla maestro "Transformadores".

Codigo	Localidad	% Desbalance	Capacidad	KVA Instalados	Observacion	Fecha	Revisar
E1FARK24	Naguanagua	15,00%	3x75	225			
E1FARN96	Naguanagua	15,00%	3x50	150			
E1FARP49	Naguanagua	15,00%	3x37.5	112			
E1FARPS4	Naguanagua	15,00%	3x50	150			
E1FAZF86	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZG82	Naguanagua	0,00%	1x15	15			
E1FAZK36	Naguanagua	15,00%	3x10	30			
E1FAZK44	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZK80	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZK87	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZL00	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZL21	Naguanagua	15,00%	3x37.5	112			
E1FAZL28	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FAZL49	Naguanagua	15,00%	3x15	45			
E1FAZQ12	Naguanagua	15,00%	3x10	30			
E1FAZR06	Naguanagua	15,00%	3x25	75			
E1FBNK56	Naguanagua	15,00%	3x25	75			

Figura 4.28 Tabla Transformadores (Tabla Maestro).



---

## CAPITULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 VALIDACIÓN DEL SISTEMA.

Una vez desarrollado el sistema de supervisión de carga se hace necesario verificar la validez del método utilizado, esta comprobación se realizó corroborando que en una localidad que posea un alto porcentaje de puntos con totalizador evaluados para la construcción de la relación lineal de KVA máximos Vs KWh Facturados, el factor de utilización según los cálculos realizados por el TLM sea cercano al calculado según los datos de su totalizador. Una vez verificada esta situación se corroboró el caso contrario, es decir, tomando una zona que posea un porcentaje bajo de totalizadores involucrados en el estudio para la determinación lineal planteada según el método TLM la diferencia entre el factor de utilización calculado bajo este método y la del totalizador del respectivo transformador debe ser mayor, dando una confianza más baja al método pero teniendo la rigidez de que el factor de utilización seleccionado en este caso sea el correspondiente al del totalizador o al facturado dependiendo de los datos del punto.

Para el primer caso se seleccionó la localidad de la Viña, la cual evalúa un 61,29% de los totalizadores que se encuentran en la zona (19 puntos evaluados), muestra más que representativa para el desarrollo del método estadístico TLM.

A su vez se puede observar en la figura 5.1 que la gráfica correspondiente a la relación lineal de esta localidad posee un factor de correlación ( $R^2$ ) muy cercano a la unidad (0,991), lo que indica que la ecuación obtenida describe con buena exactitud el comportamiento de los puntos de dicha localidad.

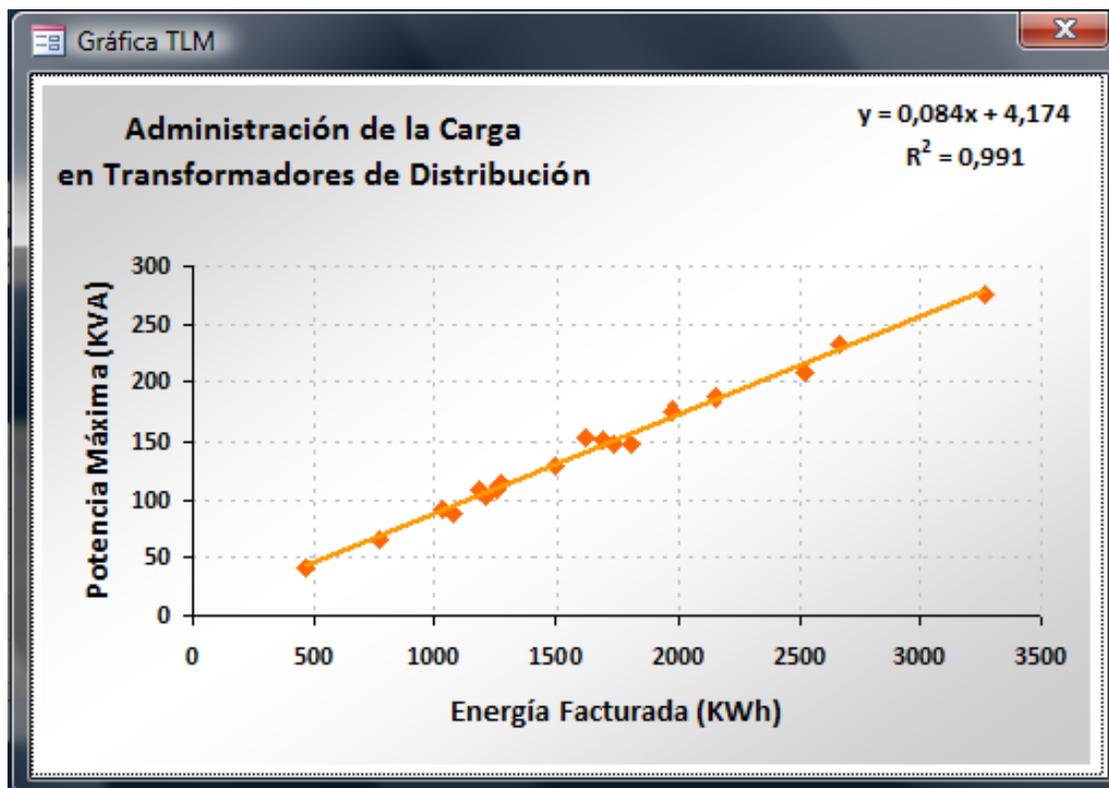


Figura 5.1: Gráfica correspondiente a la localidad La Viña

Entre los diversos puntos evaluados en la localidad la Viña se utilizó para verificar la validez del método el transformador de código E1JCMG28C3, el cual tiene como característica con totalizador incluido en el estudio. Se puede observar en la figura 5.2 en el mes de Agosto que el factor de utilización seleccionado corresponde al del totalizador pero el mismo es sumamente cercano al del método TLM, los cuales poseen un valor de 0,367 y 0,345 respectivamente, con lo que se comprueba que para aquellas zonas donde exista un porcentaje alto de totalizadores evaluados, los puntos de transformación estudiados bajo el método TLM poseen una buena confiabilidad en los resultados obtenidos.

Este comportamiento se verificó también de manera histórica tal como se muestra en la figura 5.2, en donde se destaca que a lo largo del tiempo, el

estudio de este punto de transformación posee una diferencia entre el factor de utilización seleccionado y el calculado por el TLM sumamente pequeña, menor a 0,08 donde alcanza esta diferencia máxima en el mes de abril, encontrándose diferencias menores (alrededor de 0,02) en el resto de los meses observados.

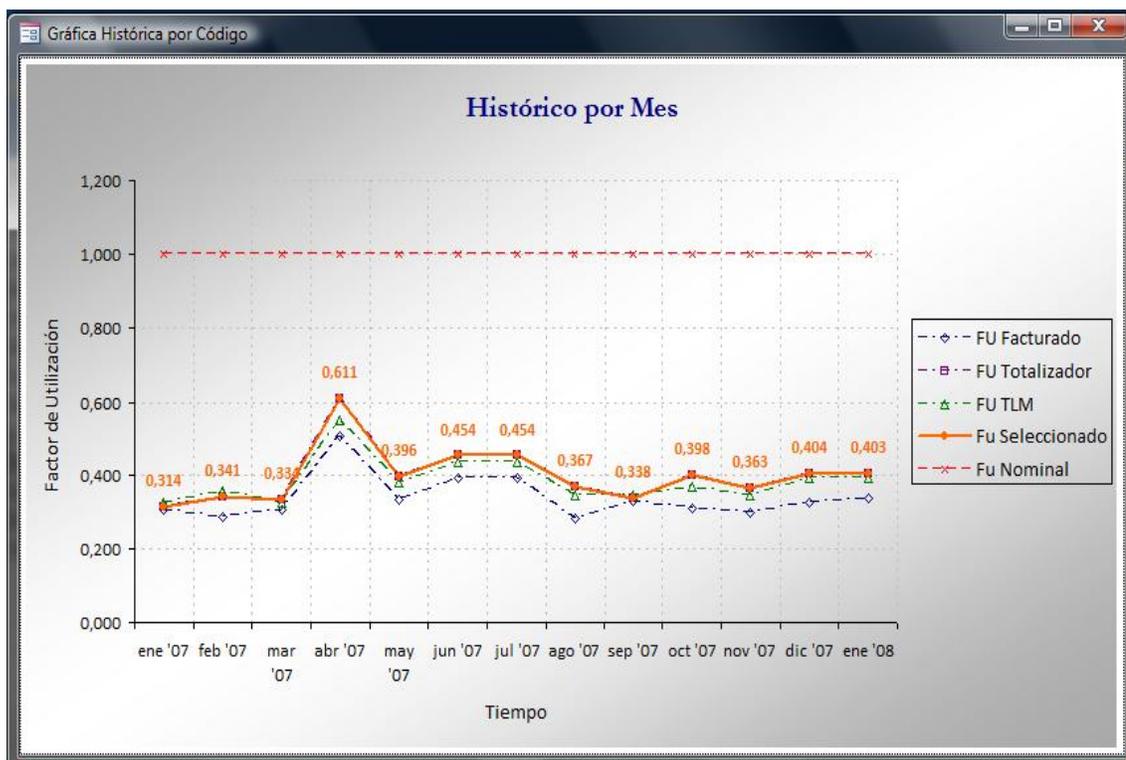


Figura 5.2: Comportamiento Histórico del punto de transformación de código E1JCMG28C3, utilizado en la validación del sistema.

Por otro lado, dentro de la misma localidad (La Viña) se puede seleccionar un punto con totalizador que no esté incluido en el estudio para la estimación de la relación lineal generada según el método TLM, como es el caso del transformador de código E1JCHL55 cuyo comportamiento se muestra a continuación en la figura 5.3.

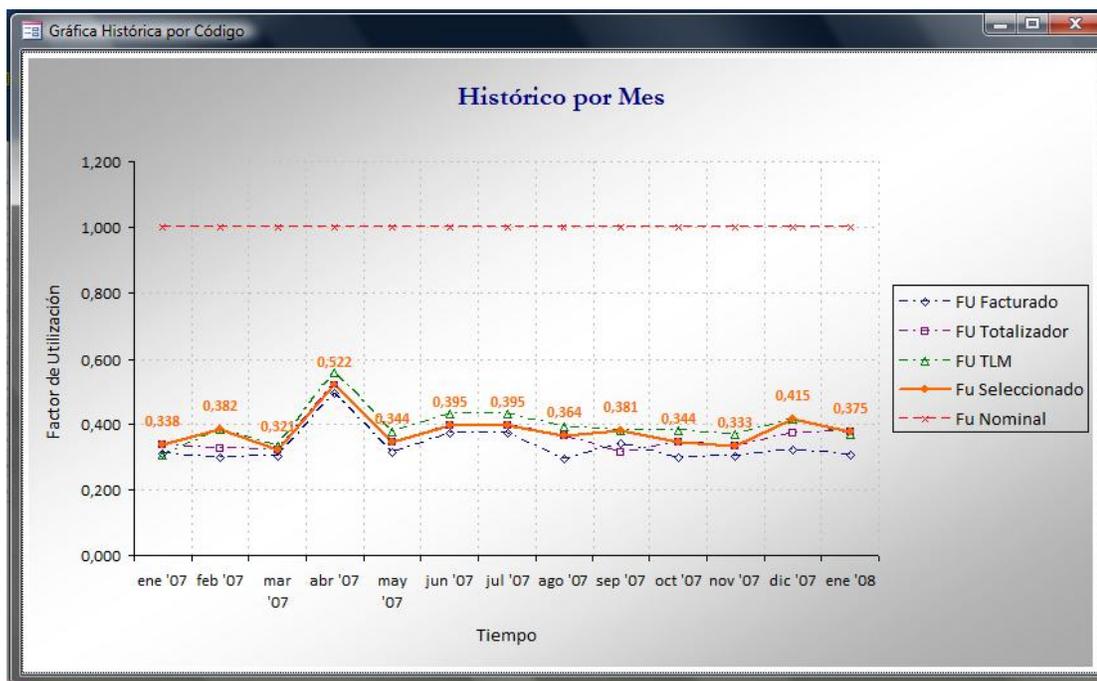


Figura 5.3: Comportamiento Histórico del punto de transformación de código E1JCHL55, utilizado en la validación del sistema.

En el punto mostrado en la figura anterior se puede observar que el factor de utilización seleccionado varía entre el calculado según el totalizador y el generado por el método TLM, tal como se observa en el primer trimestre del año 2007, en el cual se selecciona el factor de utilización correspondiente al estudiado bajo el método TLM, para luego cambiar esta selección al factor de utilización generado por los datos del totalizador a lo largo del resto del año exceptuando los meses de Septiembre y Diciembre, obteniéndose como resultado que en algunas ocasiones el punto entre dentro de los límites calculados para el método TLM y seleccione como factor de utilización el tomado según el totalizador, pero si el mismo no entra dentro de estos límites se selecciona el del TLM, siendo una mejor aproximación a la realidad.

Otra forma para analizar la validez del método TLM, en aquellas zonas donde el porcentaje de totalizadores evaluados dentro de la aproximación lineal propuesta es alto así como donde existe un factor de correlación cercano a uno, es por medio del punto de transformación de código E1JCMR75 el cual se encuentra ubicado en la localidad de el Viñedo y además el mismo registró numerosas incidencias en el año 2007 que llevaron a que el equipo se quemara y fuera reemplazado en tres ocasiones, tal como se observa en el informe presentado por el Ing. Euclides López Jefe del Departamento de Mantenimiento de redes de baja tensión [8].

La solución final adoptada para evitar una nueva quema del transformador fue dividir la carga a finales del año 2007, lo cual se evidencia en la figura 5.4.

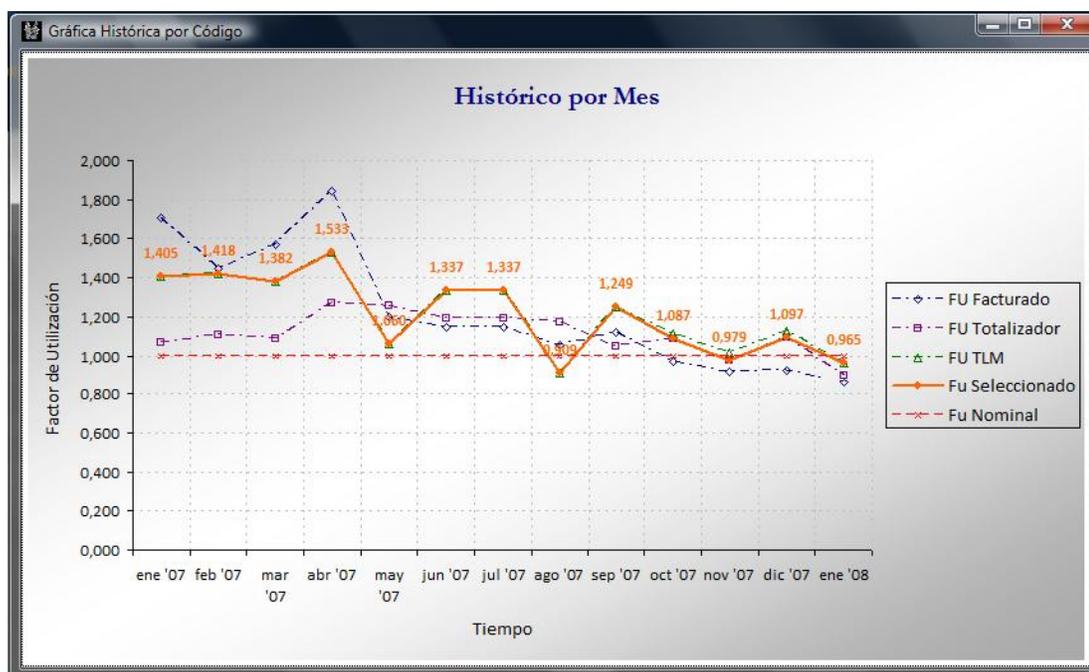


Figura 5.4: Comportamiento Histórico del punto de transformación de código E1JCMR75, utilizado en la validación del sistema.



En la figura anterior se observa que gracias a la implementación del sistema de administración de la carga, se puede detectar con mayor celeridad la sobrecarga que presentan los transformadores y de esta forma evitar la salida de servicio de los mismos por este problema.

Nótese en este punto de transformación que la sobrecarga del equipo se presenta desde principios de año, analizado bajo cualquiera de los tres métodos para determinar el factor de utilización, denotando según el factor de utilización seleccionado desde el mes de Enero 2007 valores por encima de 1,30 en el registro histórico, con un valor pico de 1,533 que se observó en el mes de Abril 2007, y es solo hasta finales del año que se tomó la decisión de dividir la carga, logrando que el factor de utilización disminuyera hasta acercarse a su valor nominal, condición que se observa a partir de Octubre 2007, mes en el cual el factor de utilización tiene un valor de 1,087.

Luego de demostrada la validez tanto del método TLM como de el sistema por medio de los tres puntos de transformación analizados previamente se puede ratificar la confiabilidad del mismo. Adicionalmente ha sido auditado por el Ing. Jesús Urbina y el Técnico Frank Monsalve pertenecientes al Departamento de Calidad de Energía de Electricidad de Valencia, quienes son los principales encargados de implementar la adecuación y reemplazo de transformadores sugeridos por dicho sistema.

### **5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO.**

En la empresa Electricidad de Valencia se queman anualmente alrededor de 150 transformadores [18], de los cuales se estima que un 35% es causado por sobrecarga [9], por lo que una reducción en esta cifra representaría ahorros económicos para la empresa, además de disminuir las



posibles fallas y tiempo de interrupción del servicio que se reflejaría en mejoras a la calidad del Servicio Eléctrico.

Con la implementación del Sistema de Supervisión de Carga se dispone de una nueva herramienta para la detección de los puntos de transformación que se encuentren sobrecargados, medidos a través del método TLM, sin importar que los mismos posean o no totalizador, por ello se estima que gracias a este sistema la cantidad de transformadores quemados por sobrecarga disminuya en 25% tomando las acciones de reemplazo y reubicación pertinentes al caso. La determinación de esta disminución se basa en que se han realizado anteriormente planes de adecuación y regularización de transformadores, considerando solo aquellos que poseen totalizador y se ha logrado la disminución de al menos un 15% [9], por lo que con la puesta en marcha del Sistema de Supervisión de carga se logró conocer el estado de los 6500 puntos de transformación de la empresa, sin importar que los mismos posean o no totalizadores instalados, por ello siendo conservadores se estimó una mejora de la cifra anterior en un 10%.

Se conoce también que una vez implementado el método se hará necesario invertir en la sustitución, adecuación o regularización de los puntos de transformación y los totalizadores asociados a los mismos, esto con el fin de evitar la quema de transformadores por sobrecarga. Para evaluar económicamente la implementación de esta propuesta de supervisión de carga en transformadores de distribución se muestra a continuación el análisis de la relación beneficio-costos que se generaría luego de aplicar el método en un período de 9 meses, lo cual equivale a un plan de trabajo similar a los realizados con fines de mitigar la cantidad transformadores quemados por sobrecarga [9], con la diferencia que según los datos del total de transformadores sobrecargados arrojados por el sistema de



administración de carga es de 250 unidades, por lo que se estima reubicar un 25% de los mismos (62 unidades).

### 5.2.1 RELACIÓN BENEFICIO-COSTO GENERADO POR LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CARGA

Luego de analizados los costos y los beneficios obtenidos por implementar el sistema de gestión de carga se puede verificar la ganancia obtenida, tal como se observa a continuación:

**Proyecto:** Estudio de la Relación Beneficio - Costo tras la implementación del Sistema de Supervisión de Carga en transformadores de distribución  
**Ente Contratante:** Electricidad de Valencia (ELEVAL)  
**Ente Ejecutante:** Trabajo de Grado, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo  
**Fecha:** 03/05/2009  
**Coordinador:** José Nieto y Pedro Manzano

### Relación Beneficio - Costo

ITEM	DESCRIPCIÓN	BENEFICIO (BsF.)	COSTO (BsF.)
1	Desarrollo del sistema		53.525,98
2	Reubicación de Transformadores		253.135,93
3	Costo de Transformadores nuevos	386.546,70	
SUB-TOTAL:		386.546,70	306.661,91
<b>Total Relación Beneficio - Costo (BsF.)</b>		<b>79.884,79</b>	

Producto Final: Se observa que la ganancia producida por la implementación del sistema de supervisión de carga, luego de aplicado el plan de reubicación de transformadores generará una ganancia de BsF 79.884,79

Esta relación permite concluir que se puede recuperar el costo máximo del proyecto en un período de 9 meses, obteniéndose una ganancia de BsF 79.884,79 y cualquier otro plan de ejecución tendrá la ventaja de no considerar los gastos por desarrollo del sistema ya



cubiertos tras la ejecución de esta primera etapa de implementación del proyecto.

Este objetivo se puede lograr considerando que la empresa cumpla las metas establecidas en cuanto al número de transformadores reubicados para esta primera etapa de ejecución, en caso contrario la recuperación de la inversión en el proyecto se logrará de igual forma, pero el tiempo dependerá de la celeridad con la que la empresa decida reemplazar los transformadores, según la información arrojada por el sistema de gestión mensualmente.



## CONCLUSIONES

La implementación del Sistema de Supervisión de Carga permite a la empresa Electricidad de Valencia conocer el estado de cargabilidad de todos sus transformadores, obteniendo información histórica del comportamiento de los mismos. Para desarrollar dicho sistema fue necesario analizar diversos métodos que se utilizaron al momento de generar los resultados. Entre las conclusiones obtenidas se encuentran:

- Se implementó el sistema de supervisión de carga en transformadores de distribución en la empresa Electricidad de Valencia, con el cual es posible observar el estado de sus diferentes puntos de transformación así como otras características de interés.
- Se logró obtener el factor de utilización de manera histórica del total de transformadores de la Empresa Electricidad de Valencia de tres formas diferentes, según la energía facturada, la energía leída en caso de poseer totalizador y por el método TLM, realizando un algoritmo que selecciona el más recomendado según sea el caso.
- El factor de utilización obtenido a través de la energía facturada posee la ventaja de que existe para todos los puntos de transformación, pero el mismo tiene en su contra que no considera las pérdidas no técnicas asociadas al punto de transformación.
- El factor de utilización obtenido según la energía leída por el totalizador toma en cuenta las pérdidas técnicas asociadas al punto de transformación, pero no todos los transformadores poseen totalizador e incluso algunos se encuentran mal instalados o defectuosos, por lo que este factor de utilización es recomendado sólo en casos puntuales dentro de la totalidad de puntos de transformación de la empresa.



- El método TLM genera un factor de utilización tomando en cuenta tanto en la energía facturada como los totalizadores existentes en cada localidad, basándose en un estudio estadístico que realiza una aproximación lineal de la relación potencia máxima vs energía facturada, logrando arrojar resultados para todos los transformadores, sin importar que posean o no totalizador instalado.
- El algoritmo utilizado para seleccionar el factor de utilización más adecuado considera todos los análisis respectivos de cada uno de los métodos estudiados, e incluso toma en cuenta si el punto de transformación es de uso exclusivo (número de clientes = 1), lo cual genera confianza en los resultados obtenidos.
- La implementación del sistema permite obtener beneficios económicos para la empresa una vez ejecutado el plan de acción para la reubicación de transformadores sobrecargados y subutilizados, logrando una vez aplicado un plan de reubicación de transformadores sobrecargados obtener una relación beneficio-costos de BsF. 79.884,79 observando de esta forma que se recupera la inversión inicial e incluso genera beneficios económicos a mediano plazo.
- El método TLM es utilizado dentro del sistema ya que al existir una gran cantidad de totalizadores instalados en los transformadores del Edo. Carabobo la inversión económica se basó únicamente en el desarrollo del sistema, y los resultados obtenidos reflejan grandes beneficios en su implementación.
- Por medio de la consulta mensual creada dentro del sistema se puede observar la cantidad de transformadores sobrecargados y subutilizados divididos según diferentes categorías (por capacidad, KVA instalados, Característica y Localidad), logrando de esta forma poseer un reporte mensual y así prevenir la quema de



transformadores tomando las medidas necesarias para corregir cualquier incidente.

- Al cargar un nuevo mes al sistema se debe realizar la auditoría a los nuevos puntos de transformación que aparezcan, para de esta forma mantener la base de datos actualizada mensualmente.
- Para realizar el estudio de cargabilidad utilizando el método TLM fue necesario dividir los planos del Edo. Carabobo en Localidades, las cuales deben poseer en la medida de lo posible transformadores con totalizador instalado mayor al 10% del total de los mismos y con características de carga similares, con la finalidad de obtener una aproximación lineal en la relación Potencia Máxima vs Energía Facturada.
- Aquellas localidades en donde no exista una cantidad mayor al 10% de transformadores con totalizador instalado en base al total existente en la misma deben ser adecuadas para realizar el estudio del TLM y en caso contrario serán tratadas bajo una localidad equivalente que se considere de características de carga similares o que colinde con la zona.
- Los límites de confianza estudiados bajo el método t de student para una confianza del 95% en cada localidad no deben de variarse sin antes hacer un estudio del mismo tipo con los datos de los puntos de transformación actual. Dicho estudio se debe realizar y analizar los nuevos límites luego de que se ejecuten jornadas de adecuación, instalación y regularización en las localidades definidas previamente.



### **RECOMENDACIONES**

El sistema de gestión de carga en transformadores de distribución que se desarrollo por el método TLM, requiere el tomar en cuenta otros parámetros que por las limitaciones de esta investigación no fueron abordados en esta oportunidad, sin embargo si la empresa Electricidad de Valencia en un futuro desea mejorar los resultados del sistema, es recomendable tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Al adecuar los puntos de transformación sobrecargados se recomienda evaluar las redes de baja tensión alimentadas por los mismos, para de esta forma evitar que las fallas persistan por sobrecarga en las líneas de baja tensión.
- Incrementar en la ciudad de Valencia el número de transformadores con totalizador instalado, sobre todo en aquellas localidades en las que hayan pocos de estos equipos o inclusive ninguno instalado. Esto con la finalidad de introducir mayor cantidad de puntos a la aproximación lineal que se realiza en el método, contribuyendo así a la mejora en los resultados arrojados por el mismo.
- Una vez puesta en marcha la recomendación anterior, el siguiente paso sería eliminar progresivamente las localidades equivalentes que se definieron en el programa, ya que lo ideal es hacer el estudio por localidad, puesto que en cada una de ellas existen características de carga distintas y por lo tanto al realizar el estudio de una zona comparándola con su localidad equivalente, por más que se traten de buscar características similares entre una y otra, siempre se observarán diferencias que afectan la precisión del método al estimar la carga de un determinado transformador.



- Subdividir las curvas de cada localidad por tramos, en función a la capacidad instalada de los transformadores de la zona, así se podrá analizar los equipos de menor capacidad aparte de los que sus KVA instalados sea mayor, ya que para valores muy pequeños de KVA es más sensible el error con respecto a valores muy grandes y si se analizan todos con la misma curva los equipos pequeños en cuanto a su capacidad, serán excluidos del estudio.
- Implementar y monitorear los índices de calidad de energía DES (duración equivalente de la interrupción del servicio) y FES (frecuencia equivalente de la interrupción del servicio).
- Combinar los resultados arrojados por el sistema con los medidores de calidad de energía de la empresa, de esta manera a medida que se vayan realizando las jornadas de adecuación de los puntos de transformación según lo que indique el sistema de gestión de carga, se podrá observar la mejora de estos indicadores y a su vez se reflejará en beneficios para el consumidor.
- Para garantizar el buen funcionamiento del sistema a través del tiempo se hace necesario crear restricciones o claves de acceso a las raíces del mismo, tales como los límites de las localidades, el porcentaje de desbalance, capacidad, KVA instalados y demás características de los transformadores. Esto con la finalidad de evitar que cualquier persona que manipule el sistema pueda tener acceso y modificar estas características, ya que las mismas fueron establecidas previamente con la información de la base de datos de la empresa y con análisis estadísticos de las muestras utilizadas.
- Los límites de confianza no son buenos cuando se trabaja con localidades grandes (mayores a 100 totalizadores), mientras más transformadores abarque la localidad, mayor será la diversidad de la



carga. Por esta razón es recomendable definir localidades que sean representativas de una zona pero que no sean tan amplias, para garantizar la homogeneidad de las cargas ubicadas dentro de ella.

- Como es primera vez que se realiza la aplicación, se tomó un intervalo de confianza que considera una certeza del 95% de que se está tomando toda la población, para los totalizadores evaluados. Para próximos estudios se recomienda ampliar el rango de certeza, ya que se deben haber realizado estudios de pérdidas no técnicas en la zona, para mejorar las características de la misma. Esta recomendación se puede tomar en cuenta, siempre y cuando al aumentar el intervalo de confianza, se obtenga un valor aceptable de correlación de los puntos evaluados con respecto a la recta ( $R^2$  mayor a 0,9).
- Dentro de las funciones del sistema está la de almacenar históricamente las características de los puntos de transformación estudiados en el mismo, en este registro se pueden almacenar varios años de historia del comportamiento de los equipos, pero es recomendable analizar cuanto tiempo es necesario mantener en el histórico, y lo que pase de esa fecha ir eliminándolo ó guardándolo en archivos de respaldo con fines de mantener dicha información para la empresa. Esto se sugiere para evitar que el sistema pierda fluidez y para que no se almacene información innecesaria.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Arias, F. (2006). "El Proyecto de Investigación" (5ta ed.). Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- [2] Bavaresco, A. (2006). "Proceso Metodológico en la Investigación" (5ta ed.). Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- [3] Colegio de Ingenieros de Venezuela. "Tabulador de Salarios Mínimos" Disponible en: <http://www.civ.net.ve/seccion.asp?pid=1&sid=110>
- [4] Fondonorma 200:2004 (7ma Revisión). "Código Eléctrico Nacional" Abril (2004)
- [5] Hurtado, J (2008). "El Proyecto de Investigación" (6ta ed.). Ediciones Quirón. Caracas, Venezuela.
- [6] Kelly, C (2005) "Itron introduces Distribution Asset Analysis Suite" [Página web en línea]. Consultada el 03/11/2008. Disponible en: [http://www.itron.com/pages/news\\_press\\_individual.asp?id=itr\\_0825.xml](http://www.itron.com/pages/news_press_individual.asp?id=itr_0825.xml)
- [7] Kuby, J. (2003). "Estadística Elemental" Editorial Math. Tercera Edición. Tomado de la red mundial el 12/03/2009. Disponible en: <http://books.google.co.ve/books?id=qEeK5IZR6IsC&pg=PA369&dq=distribucion+t+de+student#PRA1-PA6,M1>
- [8] López, E (2007). "Informe de Transformadores quemados en el año 2007" Informe presentado en ELEVAL, fecha Enero 2.008.
- [9] López, E (2008). "Mitigación de transformadores quemados por sobrecarga en Electricidad de Valencia" Informe presentado en ELEVAL, fecha Febrero 2.008.
- [10] Naveira, F (2007). "Sistemas de Distribución". Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- [11] Oria, R; Gámez, J. (2006). "Control de las Pérdidas no Técnicas a través de los Medidores totalizadores" [Página web en línea]. Consultada el 07/11/2008. Disponible en: <http://www.labplan.ufsc.br/>



- congressos/TD2006/Papers/TD06\_081.pdf
- [12] Randolph, J (1996), "*The Value of Identifying Accomplishments - A Case Study*" [Página web en línea]. Consultada el 03/11/2008. Disponible en: <http://www.ispi.org/pdf/gotResults/08RandyJames.pdf>
- [13] Sánchez, O; Velasco, J; Lozano, C. (2006). "*Diseño de una aplicación para la gestión de carga en transformadores de distribución*" [Página web en línea]. Consultada el 07/11/2008. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092006000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092006000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- [14] Sandoval, N. (1994) "*Transformer Load Management*". ENELVEN. Maracaibo, Zulia.
- [15] Senner, A (1998) "*Principios de electrotecnia*" Editorial Reverté, S.A. Tomado de la red mundial el 02/12/2008. Disponible en: <http://books.google.co.ve/books?id=PW7jBPNU8hwC&pg=PA48&dq=potencia+electrica#PPP1,M1>
- [16] Servicio de Meteorología de la Aviación. [Página web en línea]. Consultada el 05/12/2008 Disponible en: <http://www.meteorologia.mil.ve/siafavm/frontend>
- [17] Sugg, A (2005). "*Transformer Load Management Benefits for AMEREN Corporation*" [Página web en línea]. Consultada el 25/11/2008. Disponible en: <http://www.amra-intl.org/symposium/2005Papers/Papers/Sugg%20A.pdf>
- [18] Urbina, J (2009). "*Indicador de Transformadores quemados*" Informe presentado en Electricidad de Valencia, fecha Febrero 2009
- [19] Villafranca, R; Ramajo L. (2005). "*Métodos estadísticos en Ingeniería*" Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Tomado de la red mundial el 12/03/2009. Disponible en: [http://books.google.co.ve/books?id=kV\\_TiSo4vvUC&pg=PA155&dq=distribucion+t+de+student#PPP1,M1](http://books.google.co.ve/books?id=kV_TiSo4vvUC&pg=PA155&dq=distribucion+t+de+student#PPP1,M1)



## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Arias, F. (2006). "El Proyecto de Investigación" (5ta ed.). Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- [2] Bavaresco, A. (2006). "Proceso Metodológico en la Investigación" (5ta ed.). Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- [3] Colegio de Ingenieros de Venezuela. "Tabulador de Salarios Mínimos" Disponible en: <http://www.civ.net.ve/seccion.asp?pid=1&sid=110>
- [4] Fondonorma 200:2004 (7ma Revisión). "Código Eléctrico Nacional" Abril (2004)
- [5] Hurtado, J (2008). "El Proyecto de Investigación" (6ta ed.). Ediciones Quirón. Caracas, Venezuela.
- [6] Kelly, C (2005) "Itron introduces Distribution Asset Analysis Suite" [Página web en línea]. Consultada el 03/11/2008. Disponible en: [http://www.itron.com/pages/news\\_press\\_individual.asp?id=itr\\_0825.xml](http://www.itron.com/pages/news_press_individual.asp?id=itr_0825.xml)
- [7] Kuby, J. (2003). "Estadística Elemental" Editorial Math. Tercera Edición. Tomado de la red mundial el 12/03/2009. Disponible en: <http://books.google.co.ve/books?id=qEeK5IZR6IsC&pg=PA369&dq=distribucion+t+de+student#PRA1-PA6,M1>
- [8] López, E (2007). "Informe de Transformadores quemados en el año 2007" Informe presentado en ELEVAL, fecha Enero 2.008.
- [9] López, E (2008). "Mitigación de transformadores quemados por sobrecarga en Electricidad de Valencia" Informe presentado en ELEVAL, fecha Febrero 2.008.
- [10] Naveira, F (2007). "Sistemas de Distribución". Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- [11] Oria, R; Gámez, J. (2006). "Control de las Pérdidas no Técnicas a



- través de los Medidores totalizadores" [Página web en línea]. Consultada el 07/11/2008. Disponible en: [http://www.labplan.ufsc.br/congressos/TD2006/Papers/TD06\\_081.pdf](http://www.labplan.ufsc.br/congressos/TD2006/Papers/TD06_081.pdf)
- [12] Randolph, J (1996), "The Value of Identifying Accomplishments - A Case Study" [Página web en línea]. Consultada el 03/11/2008. Disponible en: <http://www.ispi.org/pdf/gotResults/08RandyJames.pdf>
- [13] Sánchez, O; Velasco, J; Lozano, C. (2006). "Diseño de una aplicación para la gestión de carga en transformadores de distribución" [Página web en línea]. Consultada el 07/11/2008. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092006000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092006000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- [14] Sandoval, N. (1994) "Transformer Load Management". ENELVEN. Maracaibo, Zulia.
- [15] Senner, A (1998) "Principios de electrotecnia" Editorial Reverté, S.A. Tomado de la red mundial el 02/12/2008. Disponible en: <http://books.google.co.ve/books?id=PW7jBPNU8hwC&pg=PA48&dq=potencia+electrica#PPP1,M1>
- [16] Servicio de Meteorología de la Aviación. [Página web en línea]. Consultada el 05/12/2008 Disponible en: <http://www.meteorologia.mil.ve/siafavm/frontend>
- [17] Sugg, A (2005). "Transformer Load Management Benefits for AMEREN Corporation" [Página web en línea]. Consultada el 25/11/2008. Disponible en: <http://www.amra-intl.org/symposium/2005Papers/Papers/Sugg%202A.pdf>
- [18] Urbina, J (2009). "Indicador de Transformadores quemados" Informe presentado en Electricidad de Valencia, fecha Febrero 2009
- [19] Villafranca, R; Ramajo L. (2005). "Métodos estadísticos en Ingeniería" Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Tomado de la red mundial



## Capítulo I

---



el 12/03/2009. Disponible en: [http://books.google.co.ve/books?id=kV\\_TiSo4vvUC&pg=PA155&dq=distribucion+t+de+student#PPP1,M1](http://books.google.co.ve/books?id=kV_TiSo4vvUC&pg=PA155&dq=distribucion+t+de+student#PPP1,M1)