



Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad Metalurgia-Electromecánica

Trabajo de Diploma

En opción al Título
De
Ingeniero Electricista

*Título: Reanimación del Sistema de Suministro
Eléctrico en el ISMM.*

Autor: Lázaro René Soler Angulo.

Tutor: Dr.C. Reynaldo Laborde Brown.

Moa 2010

“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo Lázaro Soler autor del trabajo de diploma “Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico de distribución en el ISMM.” certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes, educativos e investigativos.

Pensamiento

...La felicidad no consiste en alcanzar lo que nos guste sino en que nos gusten las cosas que hemos alcanzado.....

José María Vargas Villa

Dedicatoria

Realizar una obra o proyecto requiere de tiempo y sacrificio de nuestra parte y en el empeño de realizarla(o), muchas personas intervienen en el camino ayudándonos de incontables y desinteresadas maneras por lo que dedico este trabajo de manera agradecida primeramente a Dios quien me ha dado la dicha de contar con una madre que me ha apoyado en cada una de las decisiones que he tomado en el transcurso de mi vida dedicando así este trabajo de diploma a (Delfina Angulo Leblanch), a mi querida hermana y confidente (María de los Ángeles) quien me ha sabido aconsejar en cada uno de los momentos cruciales de mi vida, a mi sobrinita de 2 añitos (Stefani Bombale) a mi cuñado (Agustín) a mi querido padre (René Soler Betancourt) el cual ya no se encuentra entre nosotros pero que aun así se que en donde quiera que se encuentre esta muy orgulloso de cómo me he sabido desempeñar cómo persona, hijo y estudiante ya que herede al menos muchas de las cosas buenas que tuvo en vida, a mi difunta abuela (Carmen Leblanch) de la que aprendí el respeto, a mi hermana y mi sobrina (Sonia Soler y Laurita) a mi tutor (Reinaldo Laborde) quien me enseñó que la gloria requiere de sacrificios y por ultimo dedico este trabajo y no por ello son menos importantes a mis amigos y hermanos (Juan Manuel Leblanc y Padres, Abdel Cruz Lores, William Hamblet, Mailen, Leandro, Gleiser, Vilma, Papo, Lurdes, Martica, Maiquel, Ivet, mi ahijado Ahivanovich, Odel Cruz, Felina Lores, Arleti Cruz) a todos ellos y aquellos que de una forma u otra me ayudaron en el desempeño de esta ardua tarea, dedico este Trabajo de Diploma.

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido gracias al esfuerzo desempeñado en el mismo , al tiempo prestado por personas cómo mi tutor (Reynaldo Laborde Brown) , a mi querida y estimada madre (Delfina Angulo) , mi hermana (Maria de los Ángeles Soler) a mis compañeros de cuarto , personal del Centro cómo el energético (Raúl Martínez Sánchez) , y al personal de La Empresa Eléctrica de Holguín que siempre supo prestar atención a nuestras inquietudes.

Resumen

En el presente trabajo se realiza un estudio del comportamiento del sistema de distribución de energía eléctrica correspondiente a los dos bancos de transformadores principales que alimentan al ISMM, con el fin de la integración de ambos bancos en una fuente única de alimentación para nuestro Sistema Eléctrico de Distribución. Las áreas que abarcan estos dos bancos de transformadores son: el área docente, el área de servicios y las residencias estudiantiles y de postgrado. Se midieron las principales magnitudes eléctricas tales como potencias, energías, corrientes, tensiones, cálculos de cortos circuitos y otras que caracterizan el comportamiento del sistema. El trabajo de campo como el procesamiento de la información se basa en la aplicación de técnicas estadísticas. Los resultados obtenidos permiten a la dirección del Centro conocer las deficiencias de nuestro actual Sistema de Suministro para la toma de decisiones en cuanto a las mejoras eléctricas del centro, que contribuyan de manera eficaz con la política de ahorro energético del país.

Abstrat

On the present work it's make an study of the behavior of Distribution System of Electric Energy corresponding to the two principals blocks of transformer feeding the ISMM with the means of integrate them like only one source for our Electric System of Distribution. The areas occupying these blocks of transformers are: Docente, the service area , students rooms and postgrado. It was taken the measuring of the principals electrical measuring such as : Power , Energy , Currents , Voltages , short circuits calculation and others characterizing the system behavior the field work like information process is about applications of statistic methods . The results found allow knowing the problems of ours present Power System by Center's Administration Office for making decicion about electrical improvement of the Center helping of a great way with energy save politics of the country.

Índice

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.....	I
<i>Pensamiento</i>	II
<i>Dedicatoria</i>	III
<i>Agradecimientos</i>	IV
Resumen.....	V
Abstrat.....	V
Índice.....	VI
Introducción General.....	1
Situación Problemática.....	2
Problema.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Objeto de estudio.....	2
Hipótesis.....	2
Tareas.....	3
Aportes de la Investigación	3
Cap. I. Fundamentación teórica y Análisis Bibliográfico.....	4
1.1-Introducción del Capítulo.	4
1.2- Análisis Bibliográfico:	4
1.3- Conceptos básicos para la proyección de Sistemas de Suministro Eléctricos	13
1.3.1-Conductores Eléctricos.....	13
1.3.2-El aislamiento.....	13
1.3.3-Dimensionamiento de conductores eléctricos.....	14
1.3.4-Selección de Conductores.....	15
1.3.5- Dispositivo de protección.....	21
1.3.6-Banco de transformadores monofásicos.....	24
1.3.7- Generalidades de La Energía Eléctrica.....	26
1.4 Conclusiones del capítulo	30
Cap.II Materiales y Métodos:.....	31
2.1- Introducción al Capítulo 2	31
2.2- Caracterización del Actual Sistema de Suministro y Estructuración de las Variantes para sus mejoras.	31
2.3- Deficiencias del actual Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM.	33
2.4- Estructura de las Variantes de Ubicación.	34
2.4.1- Métodos empleados para el cálculo de las Variantes.....	34
2.4.2- Método empleado para la selección de los conductores.....	34
2.4.3- Selección del Transformador de Distribución.....	35
2.4.4- Ecuaciones para el cálculo de las Pérdidas y Caídas de Voltajes en las Líneas.....	37
2.4.5- Cálculos de los niveles de cortos circuitos.....	38
2.5- Características de los dispositivos empleados en las mediciones para el análisis.....	38
2.6- Conclusiones del Capítulo.....	40
Cap. III. Análisis de los Resultados.....	41
3.1-Introducción del Capítulo.	41
3.2-Comportamiento de la carga del ISMM.	41
3.2.1-Comportamiento de La Carga del Centro por horas.....	42
3.2.2- Determinación del incremento del Consumo Anual.....	42
3.2.3 Régimen de Trabajo de los Transformadores.....	43
3.3- Selección del transformador para cada una de las variantes.	48
3.3.1 Cálculo de los coeficientes de los transformadores para cada una de las variantes.....	49

3.4- Cálculo de La Sección de los conductores y determinación de los valores óhmicos.	50
3.4.1-Determinación de los valores óhmicos y de potencia para cada línea del ISMM.....	53
3.4.2.-Cálculo de las Caídas de Voltajes.....	55
3.5-Cálculo de los niveles de cortos circuitos.	59
3.6- Ajuste de las Protecciones.	59
3.7- Valoración Económica	60
3.8- Selección de la variante más eficiente	62
3.9-Conclusiones del Capítulo.	63
Conclusiones Generales.....	64
Recomendaciones.....	65
Bibliografía.....	66
<i>ANEXOS</i>	68

Introducción General

En el mundo actual el consumo de energía eléctrica es de vital importancia ya que de ello dependen todas las actividades que el hombre realiza, por eso la proyección de Sistemas Eléctricos eficientes tanto para redes Industriales como residenciales es aun mas importante para cualquier región del mundo. Con la actual crisis económica el carácter técnico-económico es uno de los factores que debe de estar presente a la hora de realizar estos proyectos para que los mismos sean lo menos caros y lo más eficiente posible. Cuba, país hoy sometido a un férreo bloqueo económico y la elevación de los precios de los combustibles fósiles (*principal fuente de generación de energía eléctrica en Cuba*), se ve obligada a establecer estrategias para lograr un mayor ahorro de energía, como lo es la actual Revolución Energética, que permite mejorar factores como mantener un consumo racional de la energía eléctrica y la explotación de las instalaciones desde el punto de vista técnico - económico. El Instituto Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", como parte de esta gran estructura también se establece un análisis de los principales problemas, los cuales repercutan considerablemente en el desarrollo económico del país, realizando trabajos como el presente para lograr un mejor rendimiento en su Sistema de Suministro Eléctrico.

Situación Problemática

El sistema eléctrico actual cuenta con dos puntos de suministro denominados banco de Residencia y banco de Laboratorio, lo que imposibilita que en condiciones extremas se pueda suministrar energía auxiliar a ambos bancos, con un grupo electrógeno. Las tensiones trifásicas del sistema actual están desbalanceadas por lo que no se pueden realizar los laboratorios de maquinas afectándose la formación de los estudiantes como ingenieros electricistas.

Problema

Necesidad de elaborar un proyecto de Sistema de Suministro Eléctrico del ISMM de mejor calidad respecto al actual.

Objetivo general

Elaborar un proyecto de electrificación del ISMM con el fin de eliminar las principales deficiencias que presenta el actual Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM.

Objetivos específicos

- 1- Proponer un Sistema de alimentación de tensiones trifásicas balanceadas.
- 2- Proponer un Sistema que posibilite la alimentación con un grupo electrógeno.
- 3- Proponer un Sistema que mejore la calidad de la energía.

Objeto de estudio

El Sistema actual de Suministro Eléctrico en el ISMM.

Hipótesis

Un estudio detallado del sistema actual de suministro eléctrico en el ISMM, así como la toma de mediciones en cada uno de los puntos de suministro del mismo para la elaboración de un proyecto de electrificación, con el fin de diseñar un único banco de transformadores, garantizara una mejor eficiencia del sistema eléctrico y la posibilidad de suministro auxiliar de energía eléctrica con un grupo electrógeno.

Tareas

1. Identificación de las principales deficiencias del sistema de suministro actual
2. Estudio del comportamiento del sistema actual de suministro para obtener datos reales como base del proyecto
3. Elaboración del proyecto de suministro eléctrico con tres variantes.
4. Valoración técnico- económica de cada una de las variantes.

Aportes de la Investigación

- 1- Elaboración de un proyecto de reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM.

Capítulo 1

Cap. I. Fundamentación teórica y Análisis Bibliográfico.

1.1-Introducción del Capítulo.

El descubrimiento de la energía eléctrica y la importancia de su uso le ha brindado al hombre una serie de soluciones, desde la época de las maquinas de vapor las cuáles fueron sustituidas por las actuales maquinas eléctricas, por eso es necesario conocer todos los parámetros para proyectar un sistema de Suministro Eléctrico, por lo que en este capítulo estudiaremos una gran gama de trabajos en los que se asientan las bases para proyectar un sistema eléctrico tanto en empresas industriales cómo en redes urbanas y daremos a conocer toda la base teórica que se usó, ya que nuestro trabajo se desempeña en la Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico del Centro.

1.2- Análisis Bibliográfico:

Para lograr los objetivos propuestos fue necesario revisar y estudiar resultados anteriores, con el fin de conocer cómo se comportaba la estructura del Sistema de Suministro Eléctrico del ISMM y cuales fueron las soluciones que se les dieron a los problemas existentes. Para ello los trabajos se estudiaron, comenzando por los resultados que se obtuvieron sobre el comportamiento de la carga de la Residencia Estudiantil, y del Docente ya que nuestro trabajo se desempeña en estas áreas particularmente. También se estuvo en cuenta la realización de trabajos de gestión energética, de proyección de sistemas en los que estuvieran presentes parámetros cómo selección de transformadores, selección de conductores, selección de bancos de condensadores en caso de ser necesarios, cálculos de caídas de voltajes y pérdidas en las líneas, ajuste de protecciones, cálculos de cortos circuitos, pérdidas en transformadores, en los cuales se determinan variables cómo corrientes, tensión, resistencias, reactancias y potencias. Todo esto de manera integrada nos ayudara a asentar las bases para realizar nuestro proyecto.

En el un trabajo (**Buedo Velásquez, Luis; Ricardo, A, 1999**) se caracterizó la composición de los circuitos de distribución secundario y se hizo un análisis detallado a 50 de ellos. Se determino las características técnicas de los transformadores más empleados. Se mostró la configuración de los distintos circuitos. Se determinaron los conductores usados en estos circuitos particularmente de acuerdo a su material (Al y/o Cu). Se hizo un estudio acerca de la aglomeración de consumidores conectados en un mismo punto y se demostró que por lo general las pérdidas de potencias y caídas de voltajes son mucho mayores que las pérdidas admisibles. Por la afectación del régimen normal de la carga, se analizaron las posibles variantes de mejoras con vista a una mayor eficiencia. Se realizo el cálculo de las pérdidas totales en el año.

En otro trabajo (**Iñiguez Sánchez, R; Luis Estrada, I, 2000**) se hizo un análisis de los circuitos primarios de la ciudad de Holguín, con capacitos y sin capacitos conectados y se da una propuesta a instalar en los circuitos primarios, se explica de forma breve la composición de estas redes primarias. Se calculó los CKVAR para cada uno de los nodos del sistema estudiado y se determino el ahorro que cada uno representó; según los CKVAR determinados se escogió el circuito que desde el punto de vista económico era el más factible para instalar el banco y se obtuvieron datos cómo fp, pérdidas (%de kW) y ahorro en bancos. El trabajo realizado, se recopiló un sin numero de información con respecto a la determinación de los bancos de capacitores lo que demuestra el desempeño y la eficiencia del mismo ya que el objetivo fundamental de este trabajo es, el ahorro tanto en el marco económico cómo energético.

En el trabajo analizado (**López, Danys D, 2000**) se dio a conocer las características del Sistema de Suministro Eléctrico, Las protecciones del mismo según su nivel de voltaje y la disposición de los conductores. Se determinaron las protecciones de los transformadores, se dieron a conocer las ecuaciones utilizadas para el procesamiento de datos en redes secundarias. Se realizo el levantamiento de potencia en cada uno de los circuitos para determinar así los cálculos correspondientes. Se hizo el análisis del crecimiento de la carga para los próximos años. Se determinaron las caídas de voltajes para cada uno de los tramos del sistema. Se muestreo todos los esquema de cada uno de los monolineales. Tenemos que reconocer que en el desarrollo de este trabajo se desempeño un arduo trabajo ya que se carecía de muchas de las técnicas actuales.

Otro trabajo (**Torres Taylor, E, 2002**) hace un análisis muy detallado de cada uno de los elementos que componen un Sistema de Suministro Eléctrico a la hora de proyectar este. En el trabajo estudiado, se puede comprobar que se habían hecho un conjunto de acciones tales como: El análisis crítico de las subestaciones existentes, selección de las variantes, esquemas y determinación de las inversiones de capital de cada variante, así como el cálculo de los gastos anuales de explotación. Se hallaron cada uno de los elementos necesarios para el cálculo de los cortos circuitos como reactancias de secuencia positiva total, secuencia cero del sistema y secuencia cero de la línea y por último la reactancia de secuencia cero total, se dieron a conocer los diagramas de cada secuencia (+ y 0). Se hizo la selección de cada una de las barras, aislamientos, transformadores, Interruptores, selección y disposición de luminarias así como las puestas a tierra de cada uno de los equipos de cada circuito. El trabajo hace un estudio completo acerca de cada uno de los elementos que conforman una subestación en la etapa del diseño de la misma.

El trabajo (**Laborde Brown, Reynaldo, 2002**) desempeñado en 2 instalaciones dentro de las cuales se caracterizó como es que esta compuesto el sistema eléctrico en ambas instalaciones. Se realizaron mediciones de Potencias para diferentes escalas de tiempo. Se establecieron indicadores de consumo por habitación ocupada y se determinó su comportamiento. Se determinó el por ciento que representa la demanda de climatización de la demanda del Sistema por horas de consumo y su comportamiento. Se realizó una comparación entre las instalaciones, basada en el comportamiento de la carga, indicadores de consumo y se llegaron a numerosas conclusiones: Los sistemas de climatización centralizados en las instalaciones hoteleras estudiadas, consumen entre el 50 y el 60 % de toda la energía eléctrica demandada por estas instalaciones. El indicador consumo de energía por habitación día ocupada, es una alerta importante para la administración económica.

En el trabajo (**Pérez Labañino I, 2002**) se realiza un breve análisis del comportamiento de las cargas y su distribución en todos los bancos de transformadores del Instituto, precisando aspectos como el estado y uso de carga se determinó la distribución de la carga por bloque de alimentación y se demostró que existe una notable diferencia en las conexiones, número de transformadores y de distribución de carga, que motiva un análisis detallado e independiente de cada uno de los bloques, para lo que se analizó el comportamiento de la carga para cada uno de los bancos del Centro como son Banco de Residencia, Docente y Transporte para cada uno de los transformadores que componen a cada uno de estos bloques. En las conclusiones del capítulo II se refleja que se describieron cada bloque de alimentación en cuanto a conexión y consumidores que alimentan, pero solo se brinda el esquema de conexión de los transformadores del área docente ya que el mismo

fue escogido por su grado de importancia, se evaluó el régimen de trabajo de los transformadores de esta área en específico y se demostró el estado de sobrecarga dentro del horario normal de trabajo, lo que no se hizo para el resto. Se dio a conocer el factor de carga, (promedio, máximo y mínimo) de las potencias de los dos transformadores y de las cargas monofásica y trifásica y se analizó su comportamiento. En este trabajo se dio a conocer el esquema de conexión del banco de residencia prescindiendo de un transformador de 50 kVA y se determinó el comportamiento de la carga que llevarán los 2 restantes conectado en una delta abierta asumiendo ambos la carga monofásica y trifásica; Se propone la compra de un transformador trifásico, conexión estrella – estrella aterrada, con posibilidades de servicio monofásico por las tres fases con 100 kVA, 13.2 kV/220 V y que debe distribuir la carga monofásica por las tres fases.

En el trabajo (**Díaz Hernández, R, 2004**) se logra hacer un análisis de eficiencia de operación de la red de transmisión de la zona norte oriental (Holguín y Tunas) utilizando el paquete de software System Explorer (PSX) proponiendo así la forma más confiable de operación del sistema y las medidas a tomar para la disminución de pérdidas, para ello se hizo una caracterización del sistema eléctrico estudiado, se realizaron los cálculos para determinar las pérdidas totales del territorio en el año. Los cálculos empleados para la disminución de las pérdidas tuvieron como objetivo fundamental elevar notablemente los índices económicos del sistema energético. Se determinaron los flujos de cargas cuyo propósito de análisis fueron calcular con precisión los voltajes de estado estacionario en todas las barras de la red, para cada una de las variantes propuestas. Como parte de las conclusiones se obtuvo que el estudio realizado y todo el sistema montado en el P.S.X que un esquema más eficiente es posible y que se puede realizar una operación de todo el sistema con más calidad y menos pérdidas. Dentro de los resultados obtenidos está el por ciento de pérdidas mensual.

En un artículo (**J. Toraño, R. Rodríguez, I. Diego, y L. M. López, 2004**) de la universidad de Oviedo, Escuela de Minas de Oviedo, Grupo Duro Felguera y Polígono del Valnalón se hace una detallada exposición sobre la selección de los conductores de una manera más económica, contando con la ayuda de un software. Se realizaron un sin número de simulaciones representativas de instalaciones industriales, en cada simulación se partió de los tres criterios básicos para la selección de conductores (Caídas de Voltajes, Amperaje y Cortos Circuitos. En este trabajo se calcula el costo del cable, según el aumento de la sección del mismo y se comparó con el coste operativo por pérdidas térmicas al utilizar el cable de menor sección. Se hizo el cálculo sin tener en cuenta las pérdidas térmicas. Se calcularon las caídas de voltajes y las corrientes de cortos circuitos. Se determinó la sección del conductor, teniendo en cuenta las pérdidas térmicas y se dio a conocer su metodología de cálculo, escogiendo el conductor de mayor sección dado que el mismo tiene

menores pérdidas, aunque sus coste van en aumento por lo que se llevo la sección hasta un limite máximo, donde las pérdidas obtenidas fueran mínimas y los costos los más económico.

En el trabajo (**Larreátequi Moreno, L , 2004**) se realizo un profundo estudio acerca del comportamiento eléctrico de distribución en situaciones especiales , se dio a conocer las característica de corto circuito de un transformador con enrollado Y/Yo, así cómo su diagrama fasorial, el comportamiento de la variación del voltaje según el carácter de la carga para diferentes coeficientes de carga, se realizo el cálculo de la eficiencia de un transformador, así cómo sus pérdidas, se brindaron los esquemas de conexión de los transformadores. Para la solución a muchos aspectos sobre el comportamiento de esta maquina, se estableció un conjunto de ecuaciones que intervienen en diferentes aspectos vinculados a la misma por ello se hizo la simulación en MATLAB 6.5 empleando la interfase gráfica de usuario (GUI) se determinaron los parámetros del transformador con la ayuda del software FUNTRANS.

En este trabajo se realizo un análisis cuantitativo del comportamiento de los transformadores y se brindo en sus anexos un detallado catalogo lo que será de mucha ayuda para proyectos futuros.

En un trabajo (**Matos Silot, Y, 2005**) se muestran los resultados alcanzados en la investigación llevada a cabo, se realizo un levantamiento de **La Planta de Preparación de Mineral de la empresa “Ernesto Che Guevara”** comenzando por la descripción del flujo tecnológico. Se hizo una representación de los resultados obtenidos de las mediciones realizadas, también se mostró el comportamiento del consumo energético contra productividad. El trabajo solo hace referencia al comportamiento de la carga, no se hace un análisis del régimen de trabajo de los transformadores.

En el trabajo (**Núñez Costeños, I, 2005**) se realizo un estudio de las protecciones de los motores que alimentan las barras de 6 kV del Bloque 2 de **La Central de Generación Eléctrica “Lidio Ramón Pérez” de Felton** y se observaron las causas que pueden atentar contra la optimización del funcionamiento de la misma. Se hizo el ajuste de las protecciones empleadas en este tipo de motores. Se caracterizó a cada uno de los motores de acuerdo a su importancia, así cómo la composición del Sistema Eléctrico. Se describe con mucho detalle el funcionamiento de cada uno de los consumidores y sus protecciones. Se brinda el esquema de las protecciones propuestas, se tabula su ajuste y sus características generales. Cómo resumen de algunas de las conclusiones que se obtuvieron, es que los métodos de protecciones utilizados para motores varían en dependencia de la importancia y Potencia de los mismos y en este trabajo se realiza un estudio exhaustivo de éstos factores para cada uno de los motores.

En el trabajo (**Rafael Miranda, H, 2006**) se realizó un estudio acerca de las pérdidas en la red de distribución de el municipio Sagua de Tánamo y se definió el área que mayores pérdidas aporta con el objetivo de ejecución de inversiones en el mismo, para lo que se analizaron 4 variantes de mejoras técnicas. El trabajo sirvió como base para la confección del proyecto ejecutivo. Se hace un análisis sobre el comportamiento de las pérdidas mensuales del año anterior al estudiado y se determinaron los factores mas incidentes. Luego de haber hecho un estudio de las pérdidas en el sistema se determinó donde era necesario ejecutar el proyecto de inversión y se dieron a conocer los esquemas de los circuitos escogidos para el proyecto. Se hizo el cálculo para la compensación del reactivo en las áreas seleccionadas. Se realizó un resumen del flujo de las cargas monofásicas y se realizó el cálculo de la valoración económica de la variante seleccionada.

En un trabajo realizado (**Soler Angulo,L, 2009**), en celebración del *XVIII Forum Científico Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias Técnicas,2009* se realiza un estudio del comportamiento del sistema de distribución de energía eléctrica correspondiente a los dos bancos de transformadores principales que alimentan al ISMM para diferentes escalas de tiempo, lo que demostró que en el comportamiento de la demanda horaria de los transformadores que cumplen con el servicio monofásico esta por encima de los 50 kVA lo que significa que los transformadores que llevan este servicio están trabajando sobrecargados y en ocasiones en estado crítico. Se midieron las principales magnitudes eléctricas tales como potencias, energías, corrientes, tensiones y otras que caracterizan el comportamiento del sistema. Se identificaron las áreas de mayores consumos y elaborándose un plan de medidas que permita la reducción del consumo general. Tanto el trabajo de campo como el procesamiento de la información se basan en la aplicación de técnicas estadísticas. Los resultados obtenidos permitieron a la dirección del Centro distribuir y ajustar los planes de consumos mensuales de cada banco entre las diferentes áreas y evitar las violaciones de las asignaciones que establece la Empresa Eléctrica. En este trabajo se da a conocer como es que esta estructurado el Sistema de Suministro Eléctrico del ISMM, las características de los instrumentos de medición empleados para su desarrollo, se presento un resumen del levantamiento realizado para la potencia instalada del banco de transformadores del área de Residencia y Docente.

Otro trabajo (**Pacheco Marte, D, 2009**) realiza un análisis detallado de la carga del Docente del ISMM ya que se determino cómo se comportaba la misma en diferentes escalas de tiempo ya sea horaria , diaria , mensual y anual ; se determino la media del consumo diario y se comparo con el mes de mayor consumo (abril) , se estudio el régimen de trabajo del transformador que brinda el servicio monofásico y se comprobó que el mismo permanece en régimen de sobre carga durante 10h lo que establece el régimen de avería para dicha maquina . Fue determinado el comportamiento

de las Potencias medias por hora para cada uno de los edificios docentes de la institución y se estableció el balance de potencia así como los por cientos que representan cada edificio de la carga total del Docente y las pérdidas de cada uno de los mismos por cada fase.

En búsqueda de las principales fuentes de consumo en el área docente del ISMM, se llevó a cabo un levantamiento en los edificios 1 y 2, incluyendo además el taller de mecánica, casa de compresores y planta de beneficio, sin embargo siempre que se analiza el comportamiento de la carga por edificio se hace el análisis para los 4 edificios docentes lo que no se hizo a la hora de determinar la carga instalada, aunque los edificios 1y2 fueran los de mayor consumo. Se realizó el diseño del mono-lineal del docente y Partiendo del análisis del estado de carga actual del bloque docente en vista de evaluar las posibilidades reales de búsqueda de alternativas para mejorar el servicio del banco de transformadores del área docente se dieron propuestas de mejoras para el mismo.

En el trabajo (**González Julián, Y, 2009**) se dio a conocer el esquema del panel general del circuito de la residencia del ISMM así como los paneles de los diferentes edificios y se destaco que el edificio 3 no tiene ningún panel que proteja su sistema, ya que está conectado directamente al panel general, se dio conocer el mal estado de los interruptores que alimentan alguno de los edificios cómo en el caso del edificio 4 de la residencia estudiantil. En dicho trabajo se mostró el esquema mono-lineal del Sistema de suministro eléctrico de Residencia propuesto así como los esquemas de paneles por edificio y del panel general y la propuesta de los alimentadores del sistema. En búsqueda de las principales fuentes de consumo en el área de residencia del ISMM, se llevó a cabo un levantamiento en los edificios 1, 2, 3 y 4, Residencia de postrado, cocina – caldera, oficinas de economía, incluyendo además la casa de bomba. Se evaluó el comportamiento de las potencias y el consumo en el área de la residencia para diferentes escalas de tiempo ya sea por hora, diaria, mensual y anual. Se realizo una comparación entre los transformadores de 50 kVA y 75 kVA se muestra claramente que se debe sustituir el transformador de 50 kVA por el de 75 kVA, ya que este último es el indicado para soportar la demanda de la carga, producto a que el transformador de 50 kVA se encuentra en régimen de sobrecarga . En ese trabajo se dan a conocer los horarios de mayor consumo, se determino el por ciento que representa cada edificio del consumo total del banco de Residencia incluyendo el hotelito, cocina – caldera y casa de bombas. Partiendo del análisis del estado de carga del bloque de residencia en vista de evaluar las posibilidades de mejoras basados en el conocimiento del estado de sobrecarga del transformador que ofrece servicio monofásico se realizó un análisis de la propuesta de mejoras del sistema, se propuso cambiar todos los interruptores del panel general y de los edificios por dispositivos de protección breacker y se realizo el ajuste de los mismos.

El trabajo estudiado (**Vázquez Rojas, E**) consiste en el diseño de un esquema de excitación semiautomática del generador sincrónico, de la estación auxiliar del ISMM, que garantice el trabajo seguro de esta fuente alternativa que alimenta a varios circuitos de primera prioridad, cómo son la Cocina-comedor, el centro de red, y el local de calderas. Para la realización del mismo se realizó un levantamiento de carga en dichas áreas, presentan algunas variantes de cómo modernizar el sistema de mando para las puestas en marcha eficiente de todo el grupo auxiliar de generación. Se debió haber propuesto el área docente cómo otro consumidor de primera categoría e incluido en el monolineal por la importancia que desempeña el mismo en la formación de ingenieros. Se realizó la propuesta para el diseño de la pizarra de control.

En este trabajo se realizó un análisis exhaustivo sobre todas las áreas de la zona residencial del ISMM (**PRIETO MILLÁN, D, 2009.**). Donde se obtuvieron muy buenos resultados y conocimiento de todo el sistema se realizó el levantamiento de la potencia instalada por área, se actualizó el esquema monolineal del sistema, se evaluó el comportamiento del consumo de energía, las corrientes, potencias y tensiones en el punto principal de suministro del área de residencia estudiantil, para diferentes escalas de tiempo (horario, diario, mensual y anual), se estableció el balance de potencias para el área de residencia estudiantil. A pesar de este gran trabajo abarcador que se realizó en esta zona del ISMM no se abordó lo suficiente en lo que respecta al ahorro de energía y a la propuesta de una nueva instalación del cableado ya que esta se encuentra en muy malas condiciones, no se tomaron mediciones a la bomba de agua ni a la cámara fría, por lo que este trabajo que se realizará a esta zona ayudará a tener más conocimiento sobre el sistema y consumo de cada área.

En otro trabajo (**Jorba Poll, J**) luego de analizarse los recursos y necesidades reales de una comunidad, mediante SURE se define finalmente un conjunto de posibles alternativas de electrificación a implementar. Para la proyección de la red fue necesario asumir los valores de potencia para así poder determinar las variables correspondientes, se determino la demanda máxima que tendrá el sistema y se comparo con los valores estandarizados por los catálogos, se determino la corriente de dicho sistema y se seleccionaron los conductores para luego calcular las caídas de voltajes. Se determinaron los coeficientes correspondientes, el fp así cómo la potencia instalada en kVA y se selecciono el transformador pertinente, el numero de postes y la longitud de las líneas y se dio a conocer el esquema de la red de dicha zona .Se recomendó que La vida económica de un proyecto define el horizonte de evaluación. Para el caso de proyectos de electrificación se sugiere utilizar un horizonte de evaluación igual a treinta (30) años, para la extensión de la red convencional. En el trabajo se realiza un análisis muy detallado de la red de distribución de la zona rural *Los Indios* pero no se realizo el cálculo de las pérdidas del transformador escogido ni el ajuste de las protecciones del mismo.

En el trabajo estudiado (**Garcés Gallardo, K, 2009**) se dieron a conocer los portadores de energía en el **Combinado Lácteo "El Vaquerito" de Moa** y se determinaron los principales, que cuyo resultado fue el Portador Electricidad y El Fuel Oil , se determino el comportamiento de cada uno de los portadores de energía, se caracterizo el Sistema Eléctrico de dicha empresa, cómo parte del presente trabajo también se llevó a cabo la actualización del diagrama monolineal de la entidad, el cual dará una ubicación más acertada de dónde se encuentran los dispositivos consumidores de energía y brindará facilidades a la hora de realizar mantenimientos y reparaciones. Se dieron a conocer las deficiencias en cada una de las áreas del sistema, fueron definidos los puestos claves del consumo de energía en la entidad , para lo que se tuvo en cuenta cuales son las áreas y equipos que representan los mayores consumos de energía en la empresa, se dieron a conocer los índices de consumo se brindaron los esquemas tecnológicos , se analizo el comportamiento de los Índices de Consumo por meses teniendo en cuenta los niveles de producción, y la energía consumida en los meses en cuestión , la demanda de cada una de las potencias, el comportamiento del factor de potencia se determinaron las pérdidas en los transformadores y el Tiempo equivalente real de trabajo del transformador en un año en horas así cómo el % del consumo de energía que cada área representa del consumo total del Sistema. Una vez que se realizaron todos estos análisis se estuvo listo para dar las propuestas de mejoras para lograr una mayor eficiencia , y propuestas de inversiones , se hizo el cálculo del banco de condensadores para mejorar el bajo fp y disminuir así el aporte de reactivo a la red, la frecuencia de resonancia del banco de condensadores, las caídas de voltajes antes de la compensación y después de la misma.

En el trabajo (**San Luis, M, 2009**) se hizo un análisis del comportamiento de la corriente de magnetización (inrush) en cada una de las fases de un transformador y cuanto varía la corriente en el tiempo. Se abordó cuantitativamente todo lo referente a las protecciones eléctricas y las fallas para las cuales deben operar, se realizó un estudio ampliamente detallado sobre los cortos circuitos .En este trabajo se realizó el ajuste de las protecciones y para ello determinaron las corrientes de los TC.

En otro trabajo estudiado (**López Labañino, M , 2009**) se estructuró cuidadosamente la arquitectura teórico metodológica de la investigación, se brindaron cada uno de los datos nominales de los transformadores y se dio a conocer su régimen de trabajo, se caracterizaron las cargas no lineales ,se hizo el cálculo del flujo de potencia a frecuencia fundamental y armónica, uno de los problemas con el que cuentan muchas instalaciones es el reactivo que aportan a la red, en su gran mayoría producto a los motores eléctricos, por lo que en este trabajo se hizo el cálculo para la selección de la compensación de reactivo mejorando así cómo el $\cos\phi$ en el Sistema.

En el trabajo estudiado (**Martínez García, Carlos, 2009**) se dieron a conocer los factores de conversión de los portadores energéticos en toneladas equivalentes de petróleo, las consecuencias del bajo factor de potencia y cómo mejorarlo ya que las empresas eléctricas penalizan el consumo de energía reactiva con el objeto de animar a su corrección, se realizó el cálculo de las pérdidas totales en transformadores de distribución así como los importes de la tarifa eléctrica ,se brindaron métodos de medición en circuitos trifásicos de 4 hilos con neutro activado con empleo de 4 Vatímetros y se realizo el análisis del comportamiento de la carga en el circuito de emergencia y normal por horas.

1.3- Conceptos básicos para la proyección de Sistemas de Suministro Eléctricos

1.3.1-Conductores Eléctricos

Para poder Transmitir la energía eléctrica desde las Centrales generadoras hasta las SPR y luego de estas hacía los consumidores industriales y residenciales es necesario el empleo de los conductores ya que hasta nuestros días no existe otra variante de transmisión de esta energía que no sea por este medio, por ello una correcta selección de los conductores es de vital importancia ya que de esto depende la eficiencia de nuestro sistema y la durabilidad del mismo.

- **Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo.**

Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen en nuestro país diversos tipos de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios.

La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará.

1.3.2-El aislamiento.

El objetivo del aislamiento en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, el aislamiento debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislamiento de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para el aislamiento de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neopreno y el nylon.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislamiento integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez.

Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre el aislamiento, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta

1.3.3-Dimensionamiento de conductores eléctricos.

Es frecuente que las instalaciones eléctricas presenten problemas originados por la mala calidad de la energía.

- Variaciones de voltaje.
- Variaciones de frecuencia.
- Señal de tensión con altos contenidos de impurezas etc.

Estos efectos producen un funcionamiento irregular en los equipos eléctricos y generan pérdidas de energía por calentamiento de los mismos y de sus conductores de alimentación.

La norma ANSI/IEEE C57.110-1986, recomienda que los equipos de potencia que deben alimentar cargas no lineales (computadoras), operen a no más de un 80% de su potencia nominal. Es decir, los sistemas deben calcularse para una potencia del orden del 120% de la potencia de trabajo en régimen efectivo.

Cómo se puede apreciar; el correcto dimensionamiento de conductores eléctricos tiene una importancia decisiva en la operación eficiente y segura de los sistemas.

- **Daños que generan el mal dimensionamiento y mal uso de los conductores en una instalación eléctrica.**

El mal Dimensionamiento de los conductores trae consigo grandes problemas en las redes, cómo cortes del suministro eléctrico, riesgo de incendios, pérdidas de energía y caídas de voltajes en las líneas, cómo se muestra en la figura. 1.1.

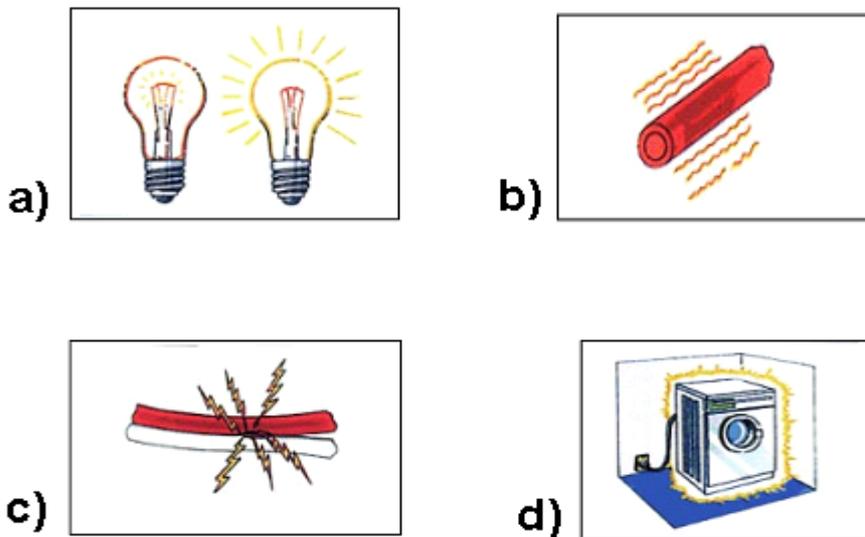


Fig.1.1 a) Caída de tensión, b) Sobrecalentamiento en los conductores, c) Cortocircuitos y d) Fallas de aislamiento a tierra.

1.3.4-Selección de Conductores.

La selección de los conductores del alimentador para todos los tipos de circuitos de tensiones primarias y secundarias debe hacerse sobre la base de una consideración cuidadosa de muchos factores involucrados.

La selección de los conductores se determina de acuerdo ha:

- La corriente de carga aplicada.
- Caída de tensión.
- Elevación de temperatura dentro de los límites del aislamiento.
- Pérdidas de energía razonables.
- Capacidad para soportar el calentamiento de los cortocircuitos.
- Capacidad de reserva para el crecimiento de carga.

Los conductores eléctricos se dividen en dos tipos fundamentales, denominados alambres y cables.

Los alambres se construyen con su sección transversal de metal macizo, mientras que la sección transversal de los cables está formada por varios alambres retorcidos, los que les permite mayor flexibilidad. A continuación en las figura.1.2 A) y B) se muestran las vistas de las secciones transversales correspondientes a un alambre y a un cable respectivamente, a fin de observar más claramente su diferencia.

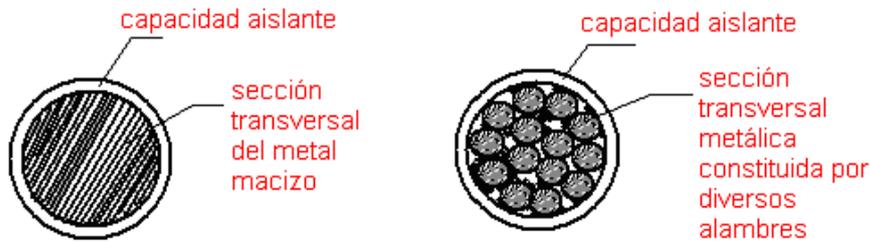


Fig. a) . Sección transversal de un alambre. Fig. b) . Sección transversal de un cable.

Fig.1.2 Aplicación de conductores eléctricos.

El metal más utilizado en la confección de los conductores eléctricos es el cobre, aunque en algunos casos también se utiliza el aluminio. El cobre es mejor conductor de la electricidad, mientras que el aluminio es menos pesado y en ocasiones puede ser muy sustancial. Los valores del cobre como los del aluminio son los más generales del mercado por lo que cada sector del país debe ajustarse a los que tienen a su disposición. El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo. Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

Selección del calibre del conductor.

Para la selección del calibre del conductor o cable, teniendo en cuenta las condiciones técnicas, tenemos las siguientes secciones mínimas admisibles:

- **Por calentamiento.**

La temperatura de calentamiento del cable y consecuentemente la corriente están limitadas por la temperatura admisible para el aislamiento del cable y dependen del material del aislamiento. La sección se determina mediante tablas que toman en cuenta la temperatura del cable, las cuales son disponibles en diferentes manuales. La sección seleccionada debe ser mayor que la de cálculo, es decir se debe tomar la sección inmediata mayor.

- **Por caída de voltaje.**

Durante la selección de la sección por caída de voltaje se debe tomar la sección inmediata mayor. Sin embargo, en algunos casos cuando la sección de cálculo está muy cercana a una estándar se puede adoptar, aún cuando sea la inmediata menor. Esta solución se ejecuta sobre la base de experiencia de ingeniería y de los datos concretos acerca de la certeza de las cargas eléctricas utilizadas en los cálculos.

- Por estabilidad térmica a la corriente de cortocircuito.

La temperatura de calentamiento se determina tanto por la magnitud de la corriente cómo por el tiempo de su ocurrencia. El cálculo se basa en la cantidad de calor que se desprende en el intervalo de tiempo determinado y consecuente calentamiento del cable. Se selecciona la sección inmediata inferior, y el fundamento de este proceder es que el propio método de cálculo implica un elevado por ciento de errores en exceso de las secciones.

• Selección del calibre del conductor atendiendo a las condiciones de calentamiento.

Un conductor eléctrico de una sección transversal determinada, puede soportar ciertos valores de corriente máxima, para una temperatura ambiental dada. Magnitudes de corriente por encima del valor especificado pueden producir calentamientos tales, que el conductor sufrirá serios daños en su envoltura aislante. Por esta razón es necesario seleccionar un conductor con determinada sección transversal mínima, de modo que pueda soportar, sin perjuicio alguno para su aislamiento, la magnitud de corriente deseada. Por otro lado, atendiendo a razones de carácter económico y práctico, no es aconsejable optar por conductores con un área extremadamente holgada al realizar la selección de los mismos.

Se fabrican diferentes aislamientos sobre la base de las diversas condiciones ambientales en que los mismos han de operar. A continuación se representa en una tabla 1.1 las relaciones más utilizadas para la determinación del aislamiento de los conductores más utilizados.

Nombre de fabricación	Letra del Tipo	Temperatura máxima de operación	Aplicaciones y limitaciones
Goma	R	60 °C	Localizaciones secas
Goma resistente al calor	RH	75 °C	Localizaciones secas
Goma resistente a la humedad	RW	60 °C	Localizaciones secas y húmedas.
Goma resistente a la humedad y al calor	RH - RW	60 °C	Localizaciones secas y húmedas
		75 °C	Localizaciones secas
Goma látex	RU	60 °C	Localizaciones secas
Goma látex resistente a la humedad	RUW	60 °C	Localizaciones secas y húmedas
Termoplástico	T	60 °C	Localizaciones secas

Termoplástico resistente a la humedad	TW	60 °C	Localizaciones secas y húmedas
---------------------------------------	----	-------	--------------------------------

Tabla 1.1 Aplicación de conductores eléctricos.

Para condiciones de humedad ambiental se recomienda el aislamiento tipo TW (termoplástico), el cual es el más comúnmente utilizado, capaz de soportar una temperatura máxima de 60 °C.

Los valores correspondientes al factor F.C que incluye el efecto producido por un número dado de conductores a través de una misma tubería, son expuestos a continuación mediante la tabla 1.2:

Número de conductores a través de una misma tubería	F.C
1 a 3	1.0
4 a 6	0.8
7 a 24	0.7
25 a 42	0.6
43 y más	0.5

Tabla 1.2 Valores correspondientes al factor F.C.

Los valores correspondientes al factor de corrección de temperatura (F.T) para temperaturas superiores a los 30 °C, aplicable a conductores de cobre o de aluminio, son representados a continuación mediante la tabla 1.3:

Temperatura (°C)	F.T
0 a 30	1.00
31 a 40	0.82
41 a 45	0.71
46 a 50	0.58
51 a 55	0.41

Tabla 1.3 Valores correspondientes al factor de temperatura (F.T).

A continuación se expone mediante una expresión cómo se determina la corriente que puede suponerse circulando por el conductor (I_c) en caso de que existan condiciones críticas de operación, a los efectos de una adecuada selección del mismo:

$$I_c = \frac{1.25 * I_{carga}}{F.T * F.C}$$

I_{carga} → Corriente que circula a través del conductor hacia la carga, (A).

$F.T$ → Factor de temperatura, (tabla).

$F.C$ → Factor de número de cables por un conducto, (tabla).

1.25 → Factor que brinda un 25 % como margen de seguridad a favor del conductor.

- **Selección del calibre del conductor por caída de voltaje.**

Al diseñar los circuitos; la carga y la longitud del tendido y las distancias entre salidas deben relacionarse a la caída de tensión y la necesidad de proporcionar una capacidad libre (extra) en el circuito para el futuro aumento de la carga. Cada dispositivo de utilización en el circuito se diseñó para el mayor rendimiento a la tensión particular de funcionamiento. Aunque estos dispositivos operarán a cualquier valor dentro de su extensión de tensión, por encima o por debajo de su valor de diseño, habrá generalmente efectos adversos debido a la operación a tensiones menores que el valor especificado, o a valores muchos mayores que el valor máximo determinado para su tensión extendida.

La caída de tensión en los conductores y en los circuitos de corriente alterna se debe a la resistencia de los mismos al paso de la corriente y a la reactancia (inducción). El calor desarrollado por la disipación de la potencia en el alambre, deteriora el aislamiento del conductor, por lo que para evitar un pobre rendimiento y los otros malos efectos, los conductores de los circuitos deben de seleccionarse para que mantengan la caída de tensión en dicho circuito dentro del 3%.

Aunque al cargar el circuito al 60% (recomendación) ofrece una protección sustancial contra la caída de tensión excesiva, el tamaño o la sección del conductor para tendidos largos debería siempre determinarse cuidadosamente para asegurar la estipulación de la capacidad libre que se ha tenido en cuenta. Los conductores usados en los tendidos largos, deben de seleccionarse sobre la base de mantener la caída de tensión dentro de los límites establecidos con la máxima carga posible.

A continuación se exponen a través de la tabla 1.4 las fórmulas para el cálculo de la sección de los conductores, caída de tensión y pérdida de potencia:

Clase de corriente	Sección	Caída de tensión	Pérdida de potencia
Continua y alterna monofásica (para $\cos\varphi = 1$)	Conocida la intensidad	Conocida la intensidad	
	$S = \frac{2L * I * \cos\varphi}{\gamma * e}$	$e = \frac{2L * I * \cos\varphi}{\gamma * s}$	$p = \frac{200P * L}{\gamma * s * U^2 * \cos^2\varphi}$
Trifásica	Conocida la intensidad	Conocida la intensidad	
	$S = \frac{\sqrt{3}L * I * \cos\varphi}{\gamma * e}$	$e = \frac{\sqrt{3}L * I * \cos\varphi}{\gamma * s}$	
	Conocida la Potencia	Conocida la Potencia	$p = \frac{100P * L}{\gamma * s * U^2 * \cos^2\varphi}$
	$S = \frac{P * L}{\gamma * e * U}$	$e = \frac{P * L}{\gamma * s * U}$	
		Conocida la resistencia y reactancia de la línea	
		$e = \sqrt{3} * I * (r \cos\varphi + x \sin\varphi)$	

Tabla 1.4 Formulas para la selección de los conductores, caída de tensión y pérdida de potencia.

γ = Conductividad: 56 para Cu y 35 para Al.

e = Caída de tensión en la línea (V).

I = Intensidad de corriente total (A).

L = Longitud sencilla de la línea (m).

r = Resistencia de la línea (Ω).

x = Reactancia de la línea (Ω).

$\cos\varphi$ = Factor de potencia en el extremo de la línea.

P = Potencia activa (W) tomada de la línea.

p = Pérdida de potencia en la línea (W).

s = Sección del conductor de fase (mm²).

U = Tensión (V). Para corriente trifásica es la tensión entre fases.

Selección del calibre del conductor por estabilidad térmica a la corriente de cortocircuito.

Para la selección de la sección térmicamente estable de los conductores del cable, es necesario saber por medio del cálculo correspondiente la corriente estable de cortocircuito y el tiempo posible de ocurrencia de esta corriente a través del cable.

El tiempo se determina por la calibración de la protección que tenga mayor dominio del tiempo (si es que hay varias formas de protección).

La determinación de la sección por estabilidad térmica se realiza por la fórmula siguiente:

$$S_{et-c} = a * I_{\infty} * \sqrt{t_r}$$

Donde:

α = Coeficiente de cálculo determinado por la limitación de la temperatura

Admisible de calentamiento del cable.

El valor del coeficiente de cálculo α y los límites admisibles de la temperatura de calentamiento de los cables ante la presencia de la corriente de Cortocircuito (CC) son expuestos en la tabla 1.5.

Material de los conductores del cable	Coeficiente (α)	Temperatura Admisible (°C)
Cables con conductores de cobre, voltaje hasta 10 kV	7	250
Cables con conductores de aluminio, voltaje hasta 10 kV	12	250

Tabla 1.5 Valores del coeficiente de cálculo α y límites admisibles de temperatura de calentamiento para cables ante la presencia de la corriente de corto circuito (c.c).

1.3.5- Dispositivo de protección.

La energía consumida por los conductores durante un cortocircuito es tal, que pueden calentarse hasta el extremo de fundirse o volatizarse. Es por esto que los circuitos alimentadores, deben ser adecuadamente protegidos contra sus perjudiciales efectos.

Los Breakers o disyuntores son interruptores automáticos utilizados como dispositivos de protección contra cortocircuitos, los cuales son conectados directamente a las líneas.

• Interruptores Automáticos

Cuando se presentan muchos fallos en las redes protegidas por fusibles, el tiempo de restauración depende de la demora en cambiar el fusible o al menos la lámina fusora y en ocasiones, fundamentalmente en las redes de distribución industriales, el costo de las desconexiones suele ser elevado y, por tanto, se precisa de tiempos cortos de realimentación.

El interruptor automático puede reponerse, por lo general, de forma muy rápida mediante la acción mecánica luego de una actuación contra un cortocircuito. Además, suelen fabricarse con mayor capacidad y desde uno a tres polos en un mismo dispositivo.

Los interruptores automáticos a diferencia del fusible, se pueden encontrar con variantes ajustables o no ajustables. Es decir, en muchos casos sólo se debe seleccionar el dispositivo deseado, pero en otros casos algunos de los parámetros que caracteriza su actuación pueden configurarse.

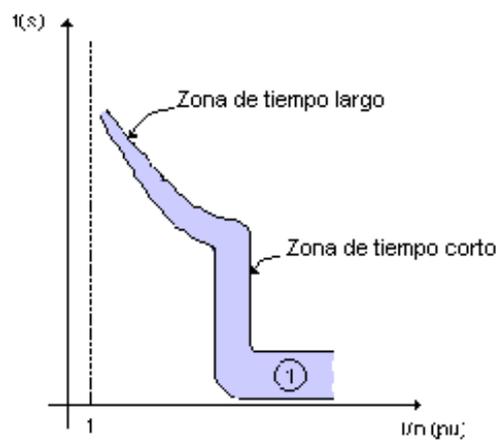


Fig.1.3. Característica hipotética de temporización de los interruptores.

En la figura 1.3 se muestra la curva del comportamiento del tiempo de acción algunos interruptores automáticos, aunque se conocen muchos tipos de curvas en dependencia de la tecnología y el fabricante.

Los interruptores automáticos a diferencia de los fusibles, en su gran mayoría tienen varias zonas de operación. En la figura 1.3, se muestra la zona de tiempo largo o de acción lenta que suele ser de tiempo inverso y la zona de tiempo corto, que puede ser instantánea o no. En muchos interruptores estas zonas de tiempo corto pueden estar divididas en: zona de tiempo corto y zona instantánea (figura 1.4).

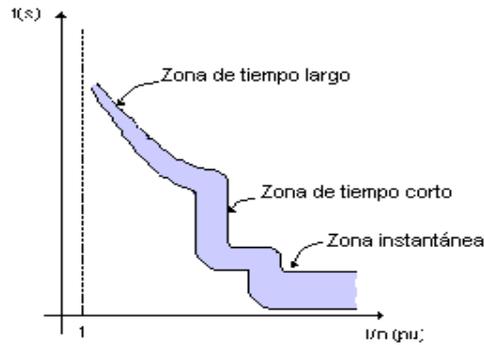


Fig.1.4. Característica hipotética de un interruptor con varias zonas de operación.

Estas zonas de operación por lo general pueden ajustarse ya sean en la magnitud de la corriente o del tiempo. En ciertos interruptores sólo se puede ajustar algunos de estos parámetros, pero en cambio en otros, el fabricante permite la configuración total de las características o zonas de operación (figura 1.4), pero por lo general suelen ser más caros.

Principalmente por la irregularidad de sus características de operación, la coordinación entre interruptores o entre un interruptor y otro dispositivo de tiempo inverso suele ser más compleja que en los fusibles, y se haga necesario la utilización de programas de computación o la manipulación gráfica de sus características (t vs. i)

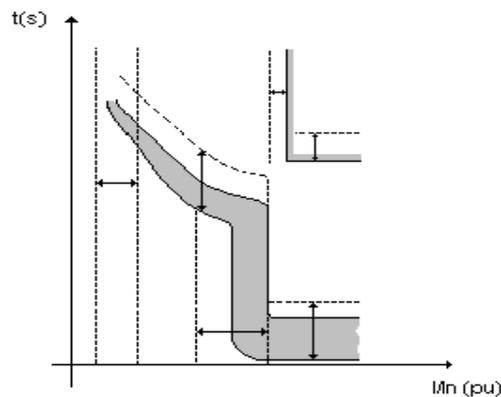


Fig.1.5 Parámetros de ajustes de un interruptor hipotético de varias zonas de operación.

Algunos interruptores automáticos combinan en su interior, componentes de acción contra las fallas monofásicas a tierra, para lo que utilizan la secuencia cero. En la actualidad se están incorporando dispositivos de acción diferencial que poseen mucha sensibilidad y la demanda irá en ascenso.

Otros interruptores son capaces de indicar el tipo de acción que efectuó, si fue por la zona de tiempo corto o instantáneo (provocado por cortocircuitos) o por la zona de tiempo largo (provocado por sobre-corrientes debidas a sobrecargas, etc.) lo que permite mayor velocidad en la detección de la avería.

- **Selección del interruptor (breaker).**

Los breakers son dispositivos diseñados para interrumpir las corrientes de fallas producidas en el sistema eléctrico que no excedan aquellos niveles para los que se espera que los mismos accionen exitosamente. Estos dispositivos deben ser seleccionados bajo dos criterios:

1) Corriente en régimen de operación normal.

2) Nivel máximo de corriente que debe ser capaz de interrumpir en condiciones de falla en el sistema (capacidad de interrupción). El breaker seleccionado debe poseer una capacidad de interrupción de corriente igual o superior a la mayor corriente de falla que pueda producirse en el punto del sistema en el cual se encuentre ubicado.

A continuación se pone a consideración valores de corriente de operación con que se fabrican las protecciones convencionales contra cortocircuitos de circuitos eléctricos:

Breakers (A): 15, 20, 30, 40, 50, 63, 70, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 300, 350, 400, 500, 600, 700 y 800.

1.3.6-Banco de transformadores monofásicos.

Los bancos de transformadores monofásicos son utilizados en sistemas eléctricos trifásicos como sustitución de un transformador trifásico. Por ejemplo, en el transporte a largas distancias de la energía eléctrica. Así mismo, el banco de transformadores monofásicos también sirve para poder cambiar el número de fases del sistema, es decir, un sistema trifásico lo podemos convertir en un sistema bifásico, de 6 fases, de doce fases, etc.

Por lo que respecta a las bobinas primarias y secundarias, las podemos conectar de varias formas, teniendo cuatro posibles casos: **Y/Y**, **Y/Δ**, **Δ/Y**, **Δ/Δ**. Es decir, podemos conectar las bobinas primarias en estrella o en triángulo al igual que las bobinas secundarias. Dependiendo cómo lo hagamos tendremos unas características técnicas u otras. De esta forma, la relación de las tensiones de entrada y de salida no solamente dependerá de la relación de vueltas (espiras) de las bobinas primarias y secundarias, sino que también dependerá de cómo estén conectadas las bobinas primarias y las bobinas secundarias.

La conexión estrella/triángulo (Y/Δ).

Con este tipo de conexión la corriente en el devanado de las bobinas secundarias es de un 58% de la corriente carga. La distorsiones de las tensiones de salida no resultan tan severos como en una conexión **Y/Y**. También tenemos que señalar que existe un desplazamiento de fase entre las tensiones de entrada y de salida de 30 °. Este tipo de conexión se puede utilizar en aplicaciones de reducción.

Conexión estrella no aterrada – delta: Cuando existen altas cargas trifásicas y bajas cargas monofásicas (Fig.1.6)

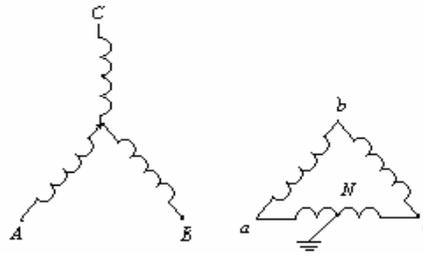


Fig.1.6 Conexión estrella no aterrada- delta.

Las limitaciones de esta conexión radican en que si se abre un primario del banco puede dañar los motores sin protección de sobre corriente, aunque se puede reconectar el banco y seguirá prestando servicio trifásico y monofásico con una capacidad menor.

Conexión Y- Δ con derivación central:

La conexión **y- Δ** de transformadores trifásicos se muestra en la figura 1.7. En esta conexión, el voltaje primario de línea está relacionado con el voltaje primario de fase por $V_{lp} = \sqrt{3}V_{\phi p}$, mientras que el voltaje secundario de línea es igual al voltaje secundario de fase $V_{ls} = V_{\phi s}$. La relación de voltajes de cada fase es $\frac{V_{\phi p}}{V_{\phi s}} = a$, de modo que la relación total entre el voltaje de línea en el lado

primario del banco y el voltaje de línea en el lado secundario es $\frac{V_{lp}}{V_{ls}} = \frac{V_{\phi p}\sqrt{3}}{V_{\phi s}}$ entonces

$$\frac{V_{lp}}{V_{ls}} = \sqrt{3}a, \text{ y } \Delta$$

La conexión **Y/Δ** no tiene problemas por componentes de tercera armónica en sus voltajes ya que ellas son consumidas en una corriente circulante en el devanado delta. Esta conexión es también más estable cuando hay cargas desbalanceadas puesto que la delta redistribuye parcialmente cualquier desbalance que ocurra.

Este arreglo tiene sin embargo un problema. Debido a la conexión, el voltaje secundario está desfasado 30° con relación al voltaje primario del transformador. El hecho de que ocurra un defasaje puede causar problemas en la puesta en paralelo de los secundarios de dos bancos de transformadores. Los ángulos de fase de los secundarios de los transformadores deben ser iguales si van a ser puestos en paralelo, lo cual significa que se debe poner atención a la dirección en que ocurre el defasaje de 30° en cada banco de transformadores que va a ser puesto en paralelo.

1.3.7- Generalidades de La Energía Eléctrica.

¿Qué es la energía?

Se puede concebir cómo el nivel de capacidad que tiene un cuerpo en un determinado instante para realizar un trabajo.

Una ley fundamental enuncia que “la energía no se crea ni se destruye, únicamente se transforma”. Esto significa que, la suma de todas las energías sobre una determinada frontera siempre permanece constante.

La energía es el alimento de toda actividad que realizamos ya que la misma se va transformando de una energía a otra ya sea de eléctrica a mecánica y viceversa, de eléctrica a calorífica etc. La energía es el fruto del movimiento de nuestros cuerpos la iluminación de nuestras casas, desplaza nuestros vehículos y nos proporciona fuerza motriz, etc.

- **Energía activa**

Todas las máquinas eléctricas alimentadas en corriente alterna convierten la energía eléctrica suministrada en trabajo mecánico y calor. Esta energía se mide en kWh y se denomina energía activa. Los receptores que absorben únicamente este tipo de energía se denominan resistivos.

- **Energía reactiva**

Ciertos receptores necesitan campos magnéticos para su funcionamiento (motores, transformadores...) y consumen otro tipo de energía denominada energía reactiva.

El motivo es que este tipo de cargas (denominadas inductivas) absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento y la entregan durante la destrucción de los mismos. Este trasiego de energía entre los receptores y la fuente (fig.1.7), provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores.

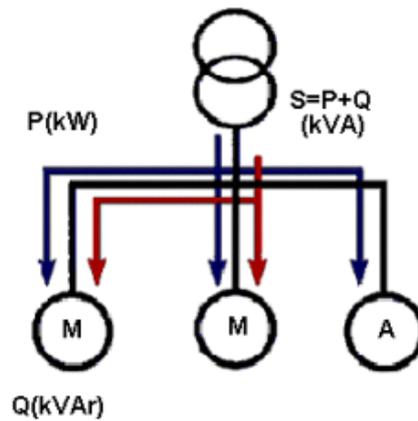


Fig.1.7 El consumo de energía reactiva se establece entre los receptores inductivos y la fuente

Potencia activa (P).

Es la potencia útil, capaz de producir calor o trabajo, la que se aprovecha en forma efectiva en un aparato calefactor, en un motor, etc.

De manera general: $P = V * I$

En corriente alterna las ecuaciones que se aplican son:

Sistema monofásico: $P = V * I * \cos\varphi$

Sistema trifásico: $P = \sqrt{3} V I \cos\varphi$

Donde φ es el ángulo de defasaje entre la tensión y la corriente.

Potencia reactiva (Q).

Es la potencia necesaria para establecer el campo magnético en las máquinas eléctricas construidas con elementos inductivos.

Las ecuaciones que se aplican son:

Sistema monofásico: $Q = V * I * \sen\varphi$

Sistema trifásico: $Q = \sqrt{3} V I \sen\varphi$

Potencia aparente (S).

Es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = kVA$$

Sistema monofásico: $S = V * I$

Sistema trifásico: $S = \sqrt{3} V * I$

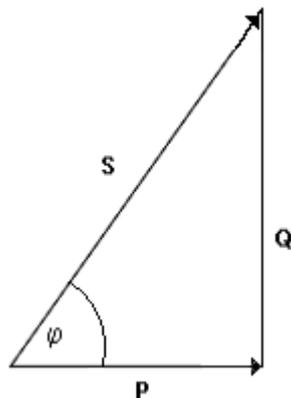


Fig. 2.8 Triángulo de potencia

- **Factor de potencia**

Se define factor de potencia, FP, de un circuito de corriente alterna, cómo la relación entre la potencia activa, P, y la potencia aparente, S, o bien cómo el coseno del ángulo que forman los fasores de la intensidad y el voltaje, designándose en este caso cómo $\cos\varphi$, siendo φ el valor de dicho ángulo. De acuerdo con el triángulo de potencias de la figura 1.8.

- **Importancia del Fp**

La existencia de un bajo factor de potencia esta dado por la presencia de un alto consumo de reactivo. La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales cómo: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares, pero un alto nivel de consumo de esta energía reactiva implica una disminución creciente del fp, incrementándose así la demanda de la carga, elevadas corrientes que a su vez dañaran los conductores, provocando caídas del voltaje y pérdidas en las líneas ya que las pérdidas activas son directamente proporcional al cuadrado del reactivo cómo se muestra en la siguiente expresión.

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} * r * L = W$$

1.3.8- Determinación del nivel de los cortos circuitos .

Para una correcta proyección de un sistema de suministro eléctrico es necesario conocer los niveles de cortos circuitos que el mismo alcanzara tener, en caso de fallas del Sistema y debido a la importancia que se le confiere a estos niveles de cortos circuitos se realizo el análisis de los mismo en cada uno de los puntos de nuestro Sistema de Suministro Eléctrico propuesto, para cada una de las variantes planteadas para luego poder dar el ajuste mas conveniente a nuestras protecciones. Para dar solución a esta incógnita se empleo el método de las componentes simétricas (secuencia +, secuencia- y secuencia 0) el cual es muy práctico para este análisis ya que se pueden obtener todos los cortos circuitos existentes, los cuales daremos a conocer en este epígrafe.

• **Tipos de cortos circuitos.**

En un sistema trifásico cómo el nuestro existen 4 tipos de cortos circuitos los cuales son denominados cómo:

- cortos circuitos 3 \emptyset
- cortos circuitos 2 \emptyset
- cortos circuitos 2 \emptyset a tierra
- cortos circuitos 1 \emptyset

Para la determinación de cada uno de estos cortos circuitos hay que tener en cuenta la impedancia equivalente para cada uno de ellos ya que la misma cambia según el tipo de falla y la secuencia que esta presente en la misma.

Cortos circuitos 3 \emptyset

Este corto circuito existe solamente cuando hay una falla completamente simétrica en cada una de las fases de un sistema trifásico (A, B y C) y solo esta presente la impedancia equivalente de la secuencia positiva.

Cortos circuitos 2 \emptyset

La existencia de esta falla bifásica se debe a la unión de dos conductores que pueden estar dados por la fase A y B, provocando así la existencia de dos componentes: la impedancia de la secuencia positiva y la negativa que la impedancia serie de ambas será la equivalente para determinar la corriente de este corto circuito.

Cortos circuitos 2 \emptyset a tierra

Esta falla tiene una particularidad muy importante y es que en la misma están presente cada una de las secuencias o sea (secuencia + , secuencia - y secuencia 0) al igual que en las fallas monofásicas, solo que la impedancia equivalente para determinar la misma esta conformada por el serie de la impedancia de la secuencia positiva con el paralelo formado entre la impedancia de la secuencia negativa y la secuencia 0

Cortos circuitos 1 \emptyset

Cómo habíamos dicho en el párrafo anterior para determinar esta falla debemos conocer cómo están conformadas cada una de las impedancias para cada una de las secuencias de nuestro sistema ya que la impedancia equivalente para el cálculo de este corto circuito es el serie de las tres secuencias.

1.4 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se abordó todo acerca a la justificación teórica y el estado del arte para dar solución a las problemáticas y objetivos de nuestro trabajo.

Capítulo 2

Cap.II Materiales y Métodos:.

2.1- Introducción al Capítulo 2

En este capítulo abordaremos acerca de los métodos utilizados, para el análisis de cada una de las variantes. Los métodos a emplear para dar solución a nuestro problema y así dar cumplimiento a cada una de los objetivos y a las distintas tareas que nos trazamos, fueron los siguientes: Cálculos de la sección de los conductores, Selección de Transformadores e Interruptores así como el cálculo de las caídas de voltajes y Pérdidas en las líneas. En este capítulo se aborda también acerca la caracterización del actual Sistema de Suministro Eléctricos.

2.2- Caracterización del Actual Sistema de Suministro y Estructuración de las Variantes para sus mejoras.

El ISMM, cuenta con dos puntos de suministro eléctrico denominados banco de Residencia y banco de Laboratorio, el primero formado por tres transformadores monofásicos que alimentan los 4 edificios de la residencia estudiantil, el área de cocina comedor, el área económica, el bombeo de agua al tanque elevado y el área de la residencia de postgrado. Los transformadores son 2 de 50 KVA y 1 de 75 KVA, conectados en estrella/delta con tensiones 13,8/0,240 kV y una derivación central en el secundario de uno de los transformadores para la alimentación de los equipos de 120 V (ver Fig.2.1). El segundo banco formado también por 2 transformadores monofásicos alimenta todas las instalaciones docentes del Centro, compuestas por 4 edificios y 3 naves de laboratorios (Metalurgia, taller de Mecánica e instalación experimental de hidráulica), los transformadores son de 50 KVA, conectados en delta abierta con tensiones 13,8/0,240 kV y una derivación central en el secundario de uno de los transformadores para la alimentación de los equipos de 120 V (ver Fig.2.2). En el caso del banco de Residencia, al cual en lo adelante llamaremos el banco No.1, la energía se distribuye a partir de un panel general a través de 7 interruptores que alimentan las diferentes áreas

(ver Fig.2.3), de manera semejante el banco No.2 distribuye la energía a partir de un panel general con 4 interruptores (ver Fig.2.4). Para la realización del trabajo se hizo un levantamiento de la potencia instalada en cada uno de los locales del ISMM, se comprobó, mediante observación, el estado técnico de todos los circuitos de distribución, de los paneles y de los interruptores. Simultáneamente fue recopilada la información sobre el comportamiento histórico del consumo de energía registrado en cada uno de los bancos y se efectuaron las mediciones de las tensiones, corrientes, potencias y energía en los puntos principales, para la elaboración de los gráficos de cargas.

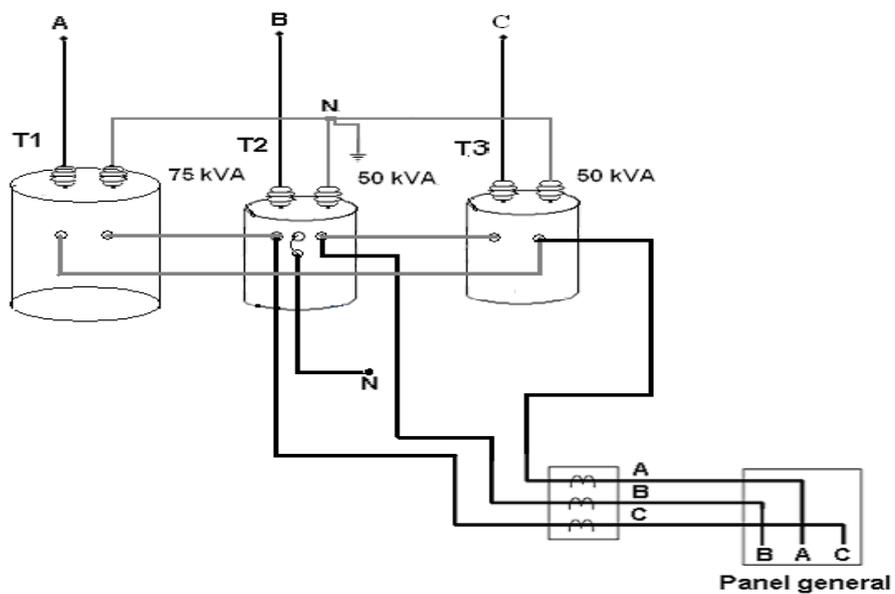


Fig.2.1 Esquema físico del sistema de alimentación del bloque residencial.

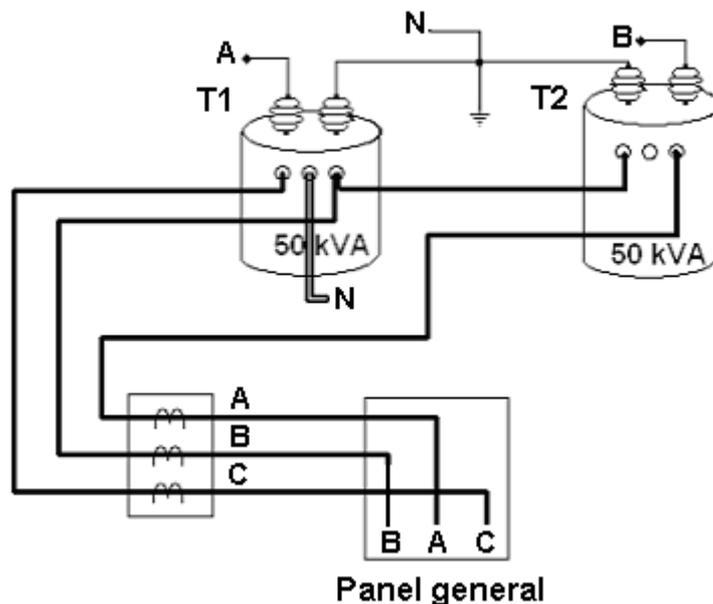


Fig.2.2 Esquema físico del sistema de alimentación al bloque docente.

Autor: Lázaro Soler Angulo

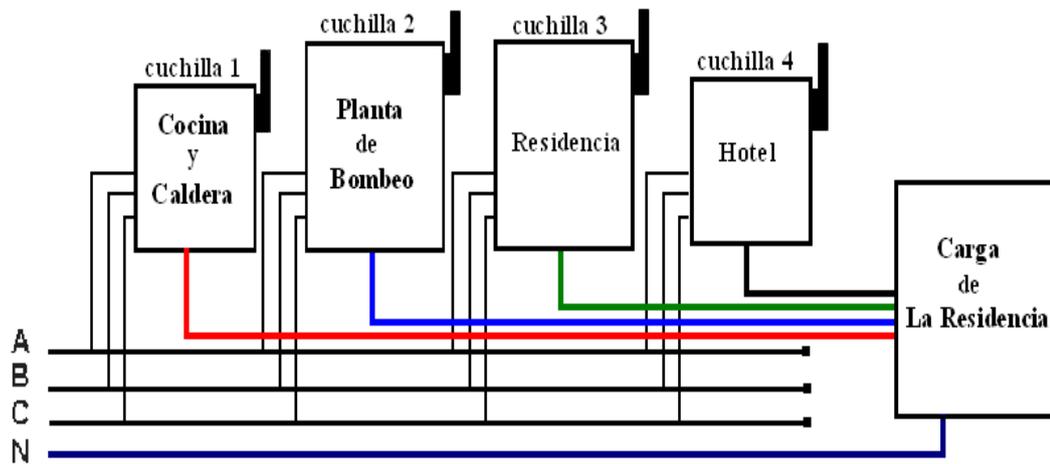


Fig.2.3 Panel principal del banco de transformadores del bloque residencia.

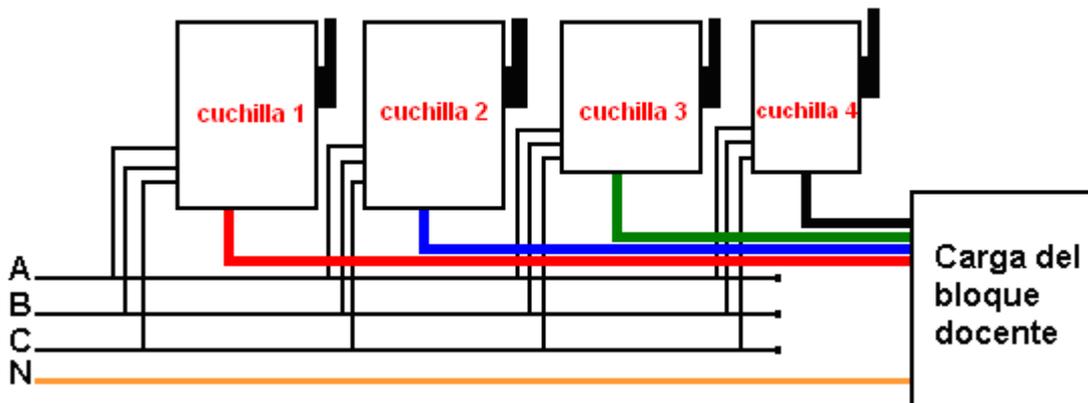


Fig.2.4 Panel principal del banco de transformadores del bloque docente

2.3- Deficiencias del actual Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM.

El sistema eléctrico actual cuenta con dos puntos de suministro denominados banco de Residencia y banco de Laboratorio, lo que imposibilita que en condiciones extremas se pueda suministrar energía auxiliar a ambos bancos, con la generación distribuida o con otro tipo de alimentación auxiliar, debido a su valoración económica. Los alimentadores que llegan a cada una de las áreas de nuestro Sistema de Suministro, objeto de estudio de nuestro trabajo se encuentran en muy mal estado con riesgo de incendio. Los transformadores de 50 kVA que brindan el servicio monofásico en cada uno de los bancos (residencia y docente) se encuentran en régimen sobre-carga, teniendo así el resto de los transformadores trabajando por debajo del 70% de la carga. La disposición de la carga en cada uno de los bancos 1 y 2 cómo le llamaremos a partir de ahora provoca que cada una de las fases no estén completamente balanceadas, teniendo así grandes fluctuaciones de voltajes, deteriorando aun más los conductores ya que en esto provoca que existan disparos de las protecciones, teniendo en cuenta que la mayoría de las mismas son laminas fusoras, al ser repuestos por conductores eléctricos no debidamente seleccionados el Sistema Eléctrico del Centro se perjudica aun mas.

2.4- Estructura de las Variantes de Ubicación.

1. Transmisión de la energía desde el banco de Residencia
2. Transmisión de la energía desde el banco del Docente
3. Transmisión de la energía desde el área de la Cocina Caldera

2.4.1- Métodos empleados para el cálculo de las Variantes

Para el desarrollo de nuestro trabajo fue necesario hacer uso de varios métodos para la selección de cada uno de los elementos necesarios para la renovación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM, por lo que en este epígrafe daremos a conocer cómo fue que se seleccionaron cada uno de estos elementos cómo son: conductores, transformadores e interruptores. Teniendo en cuenta que nuestro proyecto consta de tres variantes cada uno de estos métodos se realizó atendiendo al número de variantes y para seleccionar la más eficiente se realizaron cálculos de caídas de voltajes y pérdidas en las líneas así cómo el análisis de los niveles de cortos circuitos.

2.4.2- Método empleado para la selección de los conductores.

Para la selección de los conductores atendiendo el número de variantes de nuestro proyecto se empleo el método de la densidad económica de la corriente que cómo expresa se escoge la sección más económica. Una vez calculada la sección ($S = \text{mm}^2$) se debe de tomar del catálogo la inmediata mayor para disminuir las caídas de voltajes o la inmediata menor para así no extrapolar el conductor y disminuir los gastos de inversión así lo expresan algunas bibliografías. Para la aplicación del cálculo de la densidad económica de la corriente se necesitan variables tales cómo T_m (tiempo máximo) $J = \text{A/mm}^2$ (densidad de la corriente) y I_c (corriente de cálculo). Una vez determinado el T_m podemos obtener el valor de la J según tabla 2.1 la cual varía en dependencia del T_m , aislante y tipo de conductor ya sea de Al o Cu.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U_n} \quad T_m = \frac{W}{P_{\text{máx}}}$$

Luego:

$$s = \frac{I}{j}$$

Tabla de la densidad económica de la corriente para Tm				
Tipo de conductor	Material	1000-3000	3000-5000	5000-8760
Conductor Desnudo	Cobre	2,3	2,1	1,8
	Aluminio	1,3	1,1	1
Cables con aislamiento de papel	Cobre	3	2,5	2
	Aluminio	1,6	1,4	1,2
Cables con aislamiento de plástico y goma	Cobre	3,5	3,1	2,7
	Aluminio	1,9	1,7	1,6

Tabla 2.1 Valores de la densidad de la corriente $J(A/mm^2)$ para la selección de los conductores.

2.4.3- Selección del Transformador de Distribución.

Para la selección del Transformador de Distribución, se realizaron tres variantes de la misma, para luego seleccionar cual era la más conveniente según el carácter Técnico- Económico. Para dar solución a estas variantes unas veces seleccionadas los transformadores se determinaron las pérdidas en los mismos para su mejor selección, a continuación se dan a conocer las variantes, cómo están conformadas y las ecuaciones utilizadas para el cálculo de las pérdidas en los transformadores.

Variante 1.

Esta variante consiste, en un transformador 3Φ . Para dar solución a la misma se determino la potencia aparente máxima consumida por la carga del ISMM, para luego calcular una S_{norma} y con este valor seleccionar nuestro transformador. Teniendo en cuenta que nuestro transformador debe cumplir al menos con el 70% de la carga, los cálculos fueron realizados con este objetivos , una vez seleccionada nuestra maquina eléctrica se le realizaron las pruebas pertinentes(Régimen normal y Régimen de Avería) para su cumplimiento con la carga máxima de nuestro Sistema de Suministro Eléctrico , objeto de estudio de nuestro trabajo.

Variante 2.

La siguiente variante consiste en un banco de 3 transformadores monofásicos conectados en una estrella-delta con una derivación central en cada uno de los mismos para realizar el cálculo de este banco hubo que tener en cuenta que cada uno debía suministrar $1/3$ de la S_{calc} o $S_{máx}$ consumida en nuestro centro, para luego realizar las pruebas de cada uno de los régimen de trabajo a uno de los transformadores ya que todos son de la misma capacidad.

Variante 3.

Esta es la ultima de nuestras variantes y la misma estará constituida de la siguiente forma, al igual que la variante 2 se propone un banco de transformadores monofásicos con la particularidad de que en este banco solo uno de los transformadores llevara todo el peso de la carga monofásica , para lo que se tuvo que determinar la potencia referida a los consumidores de este servicio más $1/3$ de la referida a los consumidores trifásicos . Para la selección de los

transformadores que van a cumplir solo con el servicio trifásico que el mismo es el servicio mas pequeño de nuestro centro, se determino con un tercio de la potencia de este servicio en específico ya que cada transformador solo suministrara la tercera parte de esta energía.

❖ **Ecuaciones empleadas para la correcta selección de los Transformadores.**

- Selección del transformador

$$S_{norm} = \frac{S_{calc}}{0.7}$$

- Pruebas para el régimen de trabajo de los Transformadores.

- *Régimen Normal:*

$$S_{calc} \leq 1.3 * S_n$$

- *Régimen de Avería:*

$$S_{calc} \geq 1.4 * S_n$$

- Cálculo de las pérdidas en los transformadores.

- $\Delta P'_t = \Delta P'_{sc} + K_c^2 * \Delta P'_{cc} = kW \leftrightarrow$ Pérdidas en el Sistema

- $\Delta P'_t = \Delta P'_{sc} + \left(\frac{\Delta P'_{cc}}{S_n^2}\right) * S_{calc}^2 = kW \leftrightarrow$ Pérdidas en el Sistema

- $\Delta P'_{sc} = \Delta P_{sc} + Kip * \Delta Q_{sc} = kW \leftrightarrow$ Pérdidas en el transformador sin carga

- $\Delta P'_{cc} = \Delta P_{cc} + Kip * \Delta Q_{cc} = kW \leftrightarrow$ Pérdidas en el transformador por cortos circuitos.

- $\Delta P_{sc} \leftrightarrow$ Pérdidas en el núcleo del transformador.

- $\Delta P_{cc} \leftrightarrow$ Pérdidas de cortos circuitos.

- $Kip = \frac{kW}{kva}$

- $\Delta Q_{sc} = S_n \left(\frac{I_{sc} \%}{100}\right)$

- $\Delta Q_{cc} = S_n \left(\frac{U_{cc} \%}{100}\right)$

• Ecuaciones para el cálculo de los coeficientes.

- $K_U = \frac{P_m}{P_n} \leftrightarrow$ coeficiente de utilización.
- $K_{CO} = \frac{T_{CO}}{T_C} \leftrightarrow$ coeficiente de conexión.
- $K_{ca} = \frac{K_U}{K_{CO}} \leftrightarrow$ coeficiente de carga.
- $K_f = \frac{I_{mc}}{I_m} = \frac{S_{mc}}{S_m} \leftrightarrow$ coeficiente de forma.
- $K_{máx} = \frac{P_{calc}}{P_m} \leftrightarrow$ coeficiente de máximo.
- $K_{da} = K_U * K_{máx} \leftrightarrow$ coeficiente de demanda.
- $K_{lla} = \frac{P_m}{P_{calc}} = \frac{1}{K_{máx}}$

• Ecuación para el cálculo de la Demanda máxima admisible.

- $Sad = Sn(1 - Klla)0.3$

2.4.4- Ecuaciones para el cálculo de las Pérdidas y Caídas de Voltajes en las Líneas.

Una vez que se seleccionaron los conductores para cada una de las variantes de nuestro Sistema Eléctrico cuya única diferencia es la línea que va desde el docente hasta residencia en dependencia de la variante, se estuvo en completa disposición para determinar las caídas de voltajes y pérdidas en las líneas que a continuación daremos a conocer las ecuaciones para su análisis.

❖ Ecuaciones para el análisis de las caídas de voltajes y pérdidas en las líneas.

- $\Delta V = \frac{P * r + Q * x}{V} * L = V \leftrightarrow$ caída de voltaje en las líneas.
- $\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} * r * L = W \leftrightarrow$ pérdidas de potencia activa en las líneas.

- $\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} * x * L = \text{var} \leftrightarrow$ pérdidas de potencia reactiva en las líneas.
- $R \leftrightarrow \Omega / km$
- $X \leftrightarrow \Omega / km$
- $l \leftrightarrow km$

2.4.5- Cálculos de los niveles de cortos circuitos.

Para dar solución a esta incógnita se empleó el método de las componentes simétricas (secuencia +, secuencia- y secuencia 0), teniendo en cuenta cada uno de los aportes del Sistema Eléctrico del ISMM los cuáles son (SEN, Casa Bomba y Casa de Compresores) así como la impedancia para cada uno de estos aportes.

❖ Tipos de cortos circuitos.

- cortos circuitos 3 \emptyset

$$I_{cc3\Phi} = \frac{U_n}{Z_{Sec(+)}} = A$$

- cortos circuitos 2 \emptyset

$$I_{cc2\Phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cc3\Phi} = A$$

- cortos circuitos 2 \emptyset a tierra

$$I_{cc2\Phi - tierra} = \frac{U_n}{Z_{Sec(+)} + \frac{Z_{Sec(-)} * Z_{Sec(0)}}{Z_{Sec(-)} + Z_{Sec(0)}}} = A$$

- cortos circuitos 1 \emptyset

$$I_{cc1\Phi} = \frac{U_n}{Z_{Sec(+)} + Z_{Sec(-)} + Z_{Sec(0)}} = A$$

2.5- Características de los dispositivos empleados en las mediciones para el análisis.

Para poder realizar todo el análisis de nuestro Sistema Eléctrico contamos con una serie de equipos eléctricos los cuales nos fueron de mucha ayuda a la hora de proyectar, ya que nos brindaron una idea del comportamiento real de la carga del ISMM, para poder determinar todos los parámetros necesarios de nuestro trabajo, realizando mediciones cada 5 minutos durante 15 días con el analizador de redes (ver Fig.2.6), utilizando el método de los 2 Vatímetros y mediciones con el

contador trifásico (ver Fig.2.5) cada una hora durante 15 días y diarias durante el transcurso de los años 2008 , 2009 y 2010.

- Contador trifásico tipo Tipo D – 581F, 4 hilos; 2,5 – 10 A; 1,8 Wh/r; 60 Hz.



Fig. 2.5 Contador Digital.

- Multímetro de gancho tipo metrix MX 1140, con rango 0,1 – 1000 A de ca, y 0,1 – 600 V, ca.
- Analizador programable de redes trifásico DATALOGGER.



Fig. 2.6 Analizador de redes trifásico.

2.6- Conclusiones del Capítulo

En este capítulo abordamos todo lo referente acerca del análisis que se llevo a cabo para dar cumplimiento a nuestro trabajo de diploma, se dieron a conocer las ecuaciones empleadas para obtener nuestros resultados, los cuales se abordan en el capítulo 3 así cómo los pasos que se siguieron para efectuar los mismos. Se brindan una serie de esquemas para un mejor entendimiento del trabajo realizado.

Capítulo 3

Cap. III. Análisis de los Resultados.

3.1-Introducción del Capitulo.

La realización de un proyecto de Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM con todos los requisitos que esto conlleva, es necesaria producto a las muchas deficiencias del mismo, las cuales se dan a conocer con mas detalles en este capitulo. El sistema Eléctrico de nuestro centro esta deteriorado en cada uno de los bancos (Residencia y Docente) que lo componen debido a las muchas sobrecargas que existían, al consumo y aporte de energía reactiva a la red y a las muchas Fluctuaciones del Voltaje, todo esto provoca que los conductores del centro estén en estado crítico ya que los mismos se calientan a temperaturas de fusión y que existan disparo en las protecciones. Otras de las justificantes que nos impulsaron a realizar este trabajo fue que la carga para la que se diseño el actual Sistema de Suministro se ha ido incrementando en el transcurso de los años por lo que el sistema se vuelve cada vez más ineficiente. En este capitulo se dan a conocer todo los resultados obtenidos para dar cumplimiento a los objetivos y tareas trazadas. En esta tercera parte de nuestro trabajo de diploma se brindan una amplia gama de gráficos empleados en el conocimiento del comportamiento de nuestro actual sistema de suministro eléctrico, tablas para un mejor muestreo de los resultados alcanzados, así cómo otros elementos que nos ayudaron a realizar un estudio de la carga ya que el mismo es de vital importancia para la proyección del sistema propuesto.

3.2-Comportamiento de la carga del ISMM.

En este epígrafe abordamos todo el comportamiento de la carga de nuestro centro, para lo que se realizaron mediciones eléctricas en diferentes escalas de tiempo ya se (horaria, diaria, mensual y anual) estos resultados nos permitieron una mejor selección de los elementos que van a componer el Sistema Eléctrico propuesto.

3.2.1-Comportamiento de La Carga del Centro por horas.

En el gráfico de la Fig.3.1 que se muestra a continuación se observa claramente que la máxima demanda en el Centro esta por encima de los 120 kVA en el horario de las 5:00 hasta las 8:00 que es donde comienza el consumo pico producto a la existencia de equipos electrodomésticos en La Residencia por lo que nuestro transformador propuesto para la reanimación de nuestro actual Sistema de Suministro debe ser capaz de Suministrar la misma , para un factor de potencia de 0.95 por lo que no es necesario mejorar el factor de potencia en el nodo principal ya que la carga es mayormente resistiva.

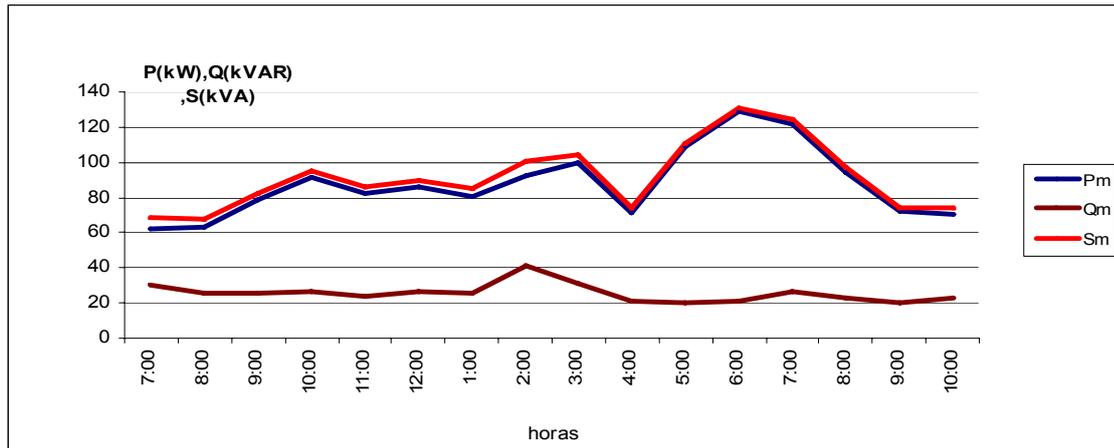


Fig.3.1 Comportamiento de la demanda horaria en el ISMM.

3.2.2- Determinación del incremento del Consumo Anual.

Conociendo que el consumo de energía eléctrica depende de la carga instalada y el tiempo en que la misma esta conectada se determino un incremento del consumo anual, para luego añadirle esto a la carga con la que seleccionaremos nuestro transformador. Para darle solución a esta problemática se organizaron los años teniendo en cuenta el consumo alcanzado en cada uno de los mismos de manera descendente para determinar el incremento de consumo promedio por año el cual se muestra en la tabla. 3.1.

Indice de incremento del consumo en el ISMM en %					
año	No	consumo anual	incremento	% de incremento anual	% de incremento
2005	1	552	48,92	9,724099547	4,3
2008	2	503,08	4,906	0,984796477	
2009	3	498,174	7,374	1,502444988	
2006	4	490,8	24,04	5,150398492	
2007	5	466,76			

tabla.3.1 Incremento del consumo promedio anual en el ISMM.

Balance de Potencia de la carga del ISMM.

Para conocer cual es la demanda diaria que debe de asimilar nuestro el transformador que vamos a seleccionar se realizo el balance potencia para las dos bancos de transformadores actuales de nuestro centro cómo se muestra en la tabla.3.2 donde se aprecia claramente que la demanda diaria de nuestro instituto esta alrededor de los 65 kVA demanda que solo el área de la residencia consume el 63.19% de la misma.

Tabla de la demanda diaria en el ISMM				
Área	P	Q	S	%
Transf.	59,74	24,53	65,00	100
Residencia	36,51	18,81	41,07	63,19
Docente	23,23	5,72	23,93	36,81

tabla.3.2 Demanda diaria por áreas

3.2.3 Régimen de Trabajo de los Transformadores.

Uno de los elementos que nos impulso a la realización de este proyecto fue el régimen de trabajo al que estaban sometidos los transformadores de cada uno del los bancos 1 y 2 antes y después de las actuales medidas por lo que fue de mucha importancia tener conocimiento de esto. El gráfico de la Fig.3.2 muestra el comportamiento de la demanda de los transformadores del banco No.1 antes de las medidas , en el mismo se observa que en ocasiones el transformador de 50 kVA esta trabajando sobrecargado cómo se aprecia en el horario de las 5 a 8 ya que el mismo constituye uno de los horarios de mayor consumo de la energía de esta área en especifico, no siendo así para el transformador de 75kVA que cumple perfectamente con la carga monofásica y trifásica y el mismo esta trabajando por debajo del 70% de su carga Para demostrar la siguiente afirmación se le realizo las pruebas de régimen de trabajo para ambas maquinas.

Smáx=83.20

Prueba para el transformador de 50 kVA

Régimen sobrecarga

$$1.3 \cdot S_n > S_{máx}$$

$$1.3 \cdot 50 = 65 \text{ no cumple}$$

Régimen de avería

$$1.4 \cdot S_n < S_{máx}$$

$$1.4 \cdot 50 = 70 \text{ cumple}$$

Prueba para el transformador de 75 kVA

Régimen sobrecarga

$$1.3 \cdot S_n > S_{máx}$$

$$1.3 \cdot 75 = 97.5 \text{ cumple}$$

Régimen de avería

$$1.4 \cdot S_n < S_{máx}$$

$$1.4 \cdot 75 = 105 \text{ no cumple}$$

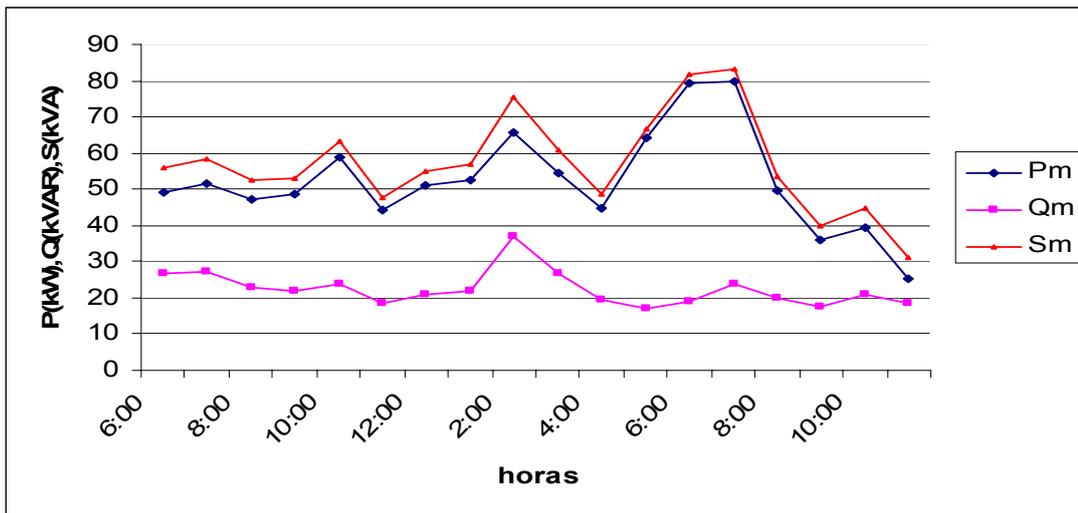


Fig.3.2 Comportamiento de la demanda del banco No.1 (antes de las medidas)

En la tabla.3.3 Se muestra con detalles el régimen de trabajo de los transformadores del área de residencia en cada una de las horas que en la misma se observan. Las mediciones realizadas para Poder tabular estos datos que fueron hechos durante 9 días en el horario comprendido entre las 7:00 am y las 11:00 p.m. Durante los días 21/2/09- 1/3/09 y se ve con claridad que el transformador de 50 kVA se mantiene 13 horas en estado de sobre carga lo que no significan que hayan sido consecutivas ya que muchas de estas están dentro del 30%, de ellas 4 horas está en régimen de avería mientras que el transformador de 75 kVA esta en régimen de sobrecarga durante 3 horas dentro del 30% establecido

Tabla de los transformadores en régimen sobrecarga								
hora	% 50kVA	sobrecarga	% 75kVA	sobrecarga	% 50 kVA	75 kVA	50 kVA	75 kVA
6:00	111,96	si	11,96	74,64	no	0	sobrecarga	Normal
7:00	117,01	si	17,01	78,00	no	0	sobrecarga	Normal
8:00	104,65	si	4,65	69,77	no	0	sobrecarga	Normal
9:00	106,14	si	6,14	70,76	no	0	sobrecarga	Normal
10:00	126,89	si	26,89	84,60	no	0	sobrecarga	Normal
11:00	95,62	no	0,00	63,75	no	0	sobrecarga	Normal
12:00	109,93	si	9,93	73,29	no	0	sobrecarga	Normal
1:00	113,37	si	13,37	75,58	no	0	sobrecarga	Normal
2:00	150,66	si	50,66	100,44	si	0,44	avería	sobrecarga
3:00	121,84	si	21,84	81,23	no	0	sobrecarga	Normal
4:00	97,14	no	0,00	64,76	no	0	sobrecarga	Normal
5:00	133,20	si	33,20	88,80	no	0	avería	Normal
6:00	163,32	si	63,32	108,88	si	8,88	avería	sobrecarga
7:00	166,41	si	66,41	110,94	si	10,94	avería	sobrecarga
8:00	106,67	si	6,67	71,11	no	0	sobrecarga	Normal
9:00	80,11	no	0,00	53,41	no	0	Normal	Normal
10:00	89,16	no	0,00	59,44	no	0	Normal	Normal
11:00	62,58	no	0,00	41,72	no	0	Normal	Normal

Tabla.3.3 Régimen de trabajo de los transformadores de residencia antes de las medidas

Con las actuales medidas de ahorro el comportamiento del régimen de trabajo de los transformadores de 50 kVA (ver Fig.3.3) se ha logrado disminuir los sobrecargos en esta área, pero teniendo en cuenta que las medidas tomadas no son las más eficientes debido a que el transformador que antes estaba sobrecargado ahora se encuentra trabajando al 81.3% de su capacidad por la inutilización parcial del servicio eléctrico y no por el ahorro conciente del personal de la entidad.

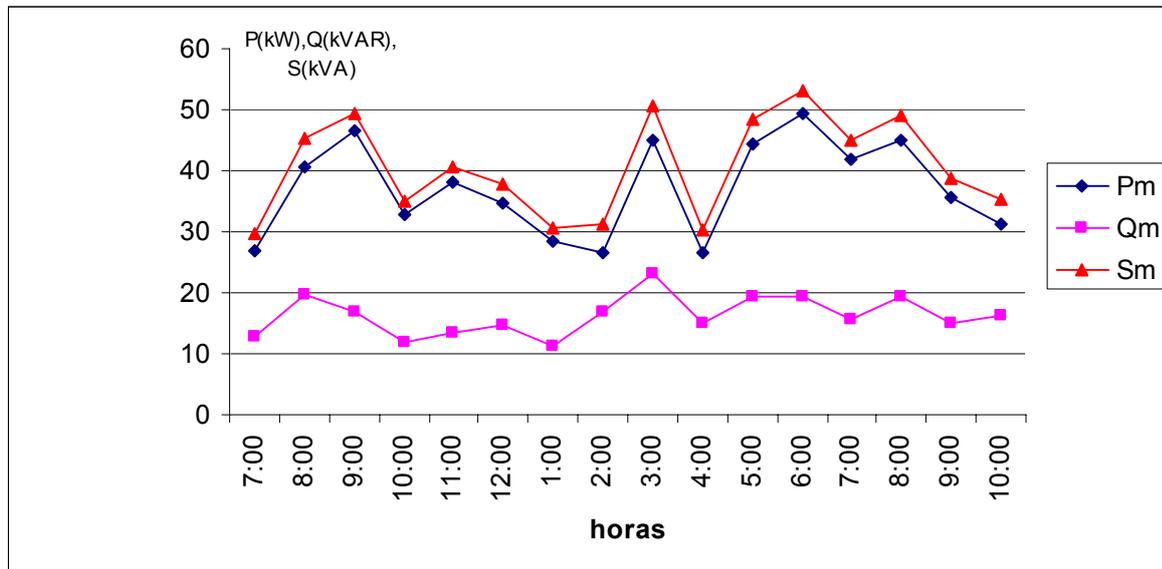


Fig.3.3 Comportamiento de la demanda horaria en el área de residencia (después de las medidas)

En la tabla.3.4 Se muestra cómo después de las medidas adoptadas por la administración del centro el régimen de trabajo de los transformadores del área de residencia siempre trabajan en régimen normal y las pequeñas sobrecargas están dentro del 30% establecido, sin embargo el transformador de 75 kVA trabaja por debajo del 70% de su carga nominal

Tabla de los transformadores en régimen de sobrecarga en residencia (2009)								
hora	% 50kVA	sobrecarga	%	% 75kVA	sobrecarga	%	50 kVA	75 kVA
7:00	59,6	no	0,0	39,76	no	0	normal	normal
8:00	90,3	no	0,0	60,23	no	0	normal	normal
9:00	99,0	no	0,0	66,01	no	0	normal	normal
10:00	69,8	no	0,0	46,51	no	0	normal	normal
11:00	81,1	no	0,0	54,08	no	0	normal	normal
12:00	75,5	no	0	50,33	no	0	normal	normal
1:00	61,3	no	0,0	40,85	no	0	normal	normal
2:00	62,7	no	0,0	41,80	no	0	normal	normal
3:00	101,1	si	1,1	67,38	no	0,0	sobrecarga	normal
4:00	60,9	no	0,0	40,60	no	0	normal	normal
5:00	97,2	no	0	64,78	no	0	normal	normal
6:00	105,9	si	5,9	70,63	no	0	sobrecarga	normal
7:00	89,7	no	0,0	59,81	no	0,0	normal	normal
8:00	98,1	no	0,0	65,39	no	0,0	normal	normal
9:00	77,5	no	0,0	51,69	no	0	normal	normal

10:00	70,4	no	0	46,96	no	0	normal	normal
-------	------	----	---	-------	----	---	--------	--------

Tabla.3.4 Régimen de trabajo de los transformadores de residencia después de las medidas

La Fig.3.4 muestra el gráfico del comportamiento de los valores medios por hora de las potencias que se obtuvo a partir del análisis de las mediciones de (lunes a viernes) en el área docente antes de las actuales medidas del ISMM desde las 8:00 h hasta las 16:00 h. En este se observa claramente el estado al que está expuesto el transformador que brinda el servicio monofásico en el banco de transformadores del área docente, permaneciendo como promedio de 10 h trabajando en estado de sobre-carga. Esto es determinado teniendo en cuenta que el trabajo efectivo de un transformador es de 6 horas durante 5 días, por lo que la sustitución del mismo por uno de 75 kVA sería lo más conveniente.

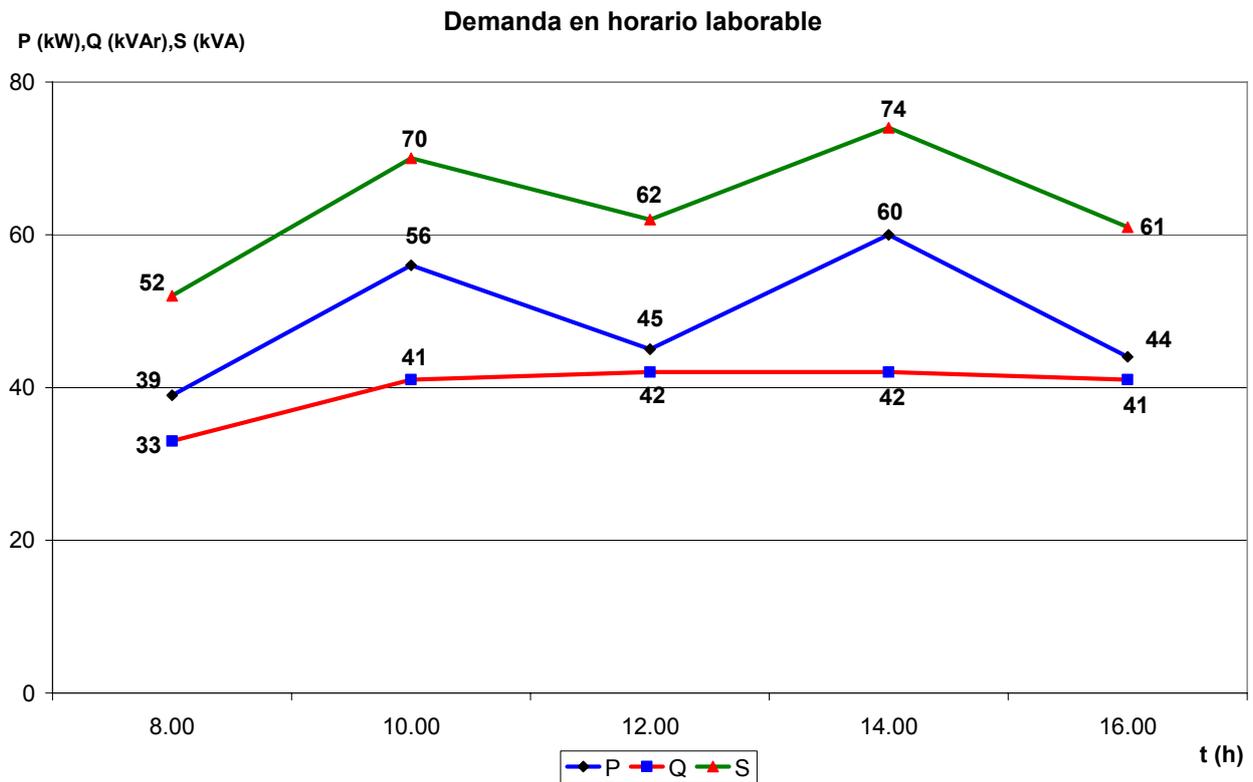


Fig.3.4 Comportamiento de la demanda horaria en el área del docente (antes de las medidas)

En el gráfico de la (ver Fig.3.5) se muestra el comportamiento de la demanda horaria en el área del docente con las medidas actuales y se observa claramente que el régimen de trabajo de el transformador de 50 kVA que cumple con el servicio monofásico esta trabajando para un de su carga nominal, mientras que el transformador de 50 kVA que no lleva el servicio monofásico siempre esta trabajando sub-cargado por debajo del 70% de su carga nominal.

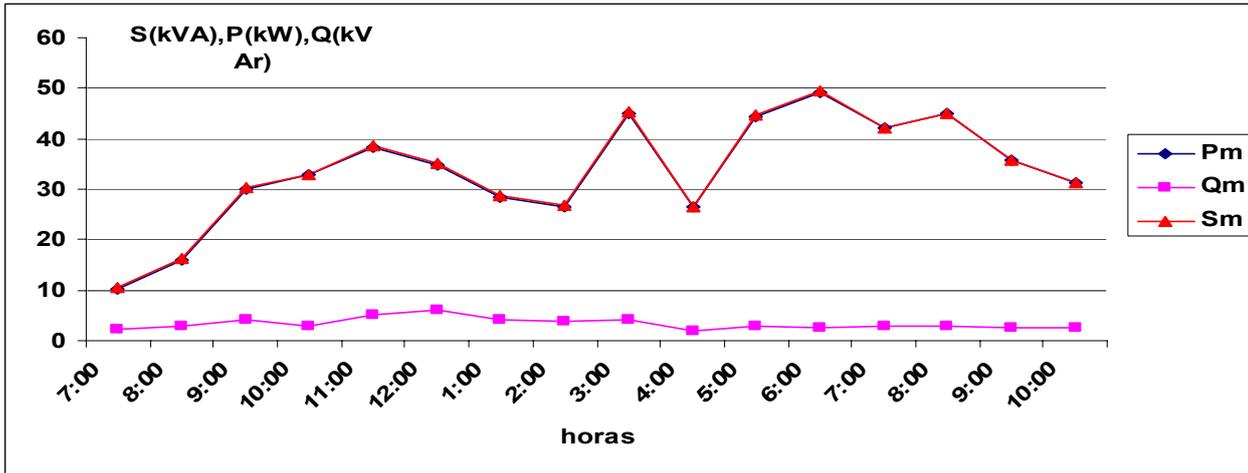


Fig.3.5 Comportamiento de la demanda horaria en el área del docente (después de las medidas)

En la tabla.3.5 se muestra claramente cómo con las actuales medidas llevadas a cabo en también en el área docente el régimen de trabajo del transformador que lleva el servicio monofásico esta en el régimen normal mientras que uno de 75 siempre cumplirá con este servicio aunque para las nuevas medidas estará sobredimensionado. La tabulación de los datos del régimen de trabajo de los transformadores antes de las medidas no fue posible debido a que no se hicieron en trabajos anteriores y el nuestro comenzó a partir de estos.

Tabla de los transformadores en régimen de normal en el docente (2009)							
% 50kVA	normal	%	% 75kVA	normal	%	50 kVA	75 kVA
21,2	no	0,0	14,12	no	0,0	normal	normal
32,6	no	0,0	21,71	no	0,0	normal	normal
60,5	no	0,0	40,35	no	0,0	normal	normal
65,8	no	0,0	43,85	no	0,0	normal	normal
77,2	no	0,0	51,43	no	0,0	normal	normal
70,5	no	0,0	47,02	no	0,0	normal	normal
57,6	no	0,0	38,37	no	0,0	normal	normal
53,5	no	0,0	35,69	no	0,0	normal	normal
90,4	no	0,0	60,24	no	0,0	normal	normal
53,2	no	0,0	35,43	no	0,0	normal	normal
89,2	no	0,0	59,47	no	0,0	normal	normal
98,6	no	0,0	65,75	no	0,0	normal	normal
84,2	no	0,0	56,12	no	0,0	normal	normal
90,2	no	0,0	60,13	no	0,0	normal	normal
71,7	no	0,0	47,78	no	0,0	normal	normal
62,7	no	0,0	41,80	no	0,0	normal	normal

Tabla.3.5 Régimen de trabajo de los transformadores del docente después de las medidas

3.3- Selección del transformador para cada una de las variantes.

Determinado el régimen ineficiente de los transformadores antes y después de las medidas actuales, se realizó la selección de los transformadores (ver tablas 3.6, 3.7, 3.8, 3.9) para cada una de las variantes (ver epígrafe 2.3) atendiendo a las deficiencias del sistema (ver epígrafe 3.3). Para la selección de los mismos se utilizaron los valores picos de las mediciones realizadas y se determinó la potencia referida a los receptores monofásicos y trifásicos. Conociendo que el incremento del consumo anual está alrededor del 5% se determinó una carga futura de un 10% para los próximos 2 años, añadiendo este valor a la carga máxima (ver Fig.3.1).

➤ Variante 1.

Selección del Transformador 3Φ	
Smáx	132,07kVA
Sn	100 kVA

Tabla.3.6 cálculo del transformador 3Φ

➤ Variante 2.

Selección de 3 Transformadores 1Φ	
Smáx	44.02 kVA
Sn	50 kVA

Tabla.3.7 cálculo de los transformadores 1Φ

➤ Variante 3.

Selección del Transformador para la carga 1Φ	
Smax	143,79 kVA
Sn	167 kVA

Tabla.3.8 cálculo del transformador para la carga 1Φ

Selección de 2 Transformadores para la carga 3Φ	
Smáx	26,14 kVA
Sn	37,5

Tabla.3.9 cálculo de los transformadores para la carga 3Φ

3.3.1 Cálculo de los coeficientes de los transformadores para cada una de las variantes.

Para la selección de la mejor variante de transformadores se determinaron los cálculos de los coeficientes (ver tablas 3.10, 3.11, 3.13) para cada una de las variantes, seleccionando así el transformador que trabaje para un coeficiente de carga de un 70 %.

Coeficientes de cálculos para la Variante No.1	
Ku	0,62
Kd	0,90
Kco	1
Kca	0,62
Kmax	1,47
Klla	0,68
Pn	142,50
Pm	87,67
Pcalc	128,69
Sad	10,76

Tabla.3.10 coeficiente de cálculo para La Variante No.1

Coeficientes de cálculos para la Variante No.2	
Ku	0,62
Kd	0,90
Kco	1
Kca	0,62
Kmax	1,47
Klla	0,68
Pn	47,50
Pm	29,22
Pcalc	42,90
Sad	3,59

Tabla.3.11 coeficientes de cálculos para La Variante No.2

Coeficientes de cálculos para la Variante No.3 carga 1Φ	
Ku	0,68
Kd	0,90
Kco	1
Kca	0,7
Kmax	1,32
Klla	0,76
Pn	142,50
Pm	97,47
Pcalc	128,69
Sad	8,19
Coeficientes de cálculos para la Variante No.3 carga 3Φ	
Ku	0,79
Kd	1,14
Kco	1
Kca	0,79
Kmax	1,44
Klla	0,70
Pn	37,5
Pm	29,71
Pcalc	42,68
Sad	3,42

Tabla.3.12 coeficientes de cálculos para La Variante No.3

3.4- Cálculo de La Sección de los conductores y determinación de los valores óhmicos.

Con la ayuda de las mediciones realizadas se determinó cual ha sido el comportamiento de la corriente en cada una de las cargas del centro y se tomaron los valores máximos de las mismas para determinar la sección de los conductores eléctricos (ver tabla.3.13) de nuestro diseño. Para la determinación de los conductores eléctricos de cualquier proyecto de Suministro Eléctrico como el nuestro es necesario constar con el monolineal (ver Fig.3.6) del sistema por lo que se diseñó el mismo para dar solución a esta tarea, al cálculo de las caídas de voltaje y pérdidas en las líneas. Para un mejor entendimiento de la abreviatura empleada ver Anexo 38.

Conductores eléctrico para cada una de las líneas del Centro				
Líneas	conductor	S	Diámetro	Calibre
T→ISMM	AWG o MCM	112,90	11,99	500
GI→Residencia	AWG o MCM	80,00	10,10	4/0
GI→Docente	AWG o MCM	80,65	10,14	3/0
Becas→Residencia1	AWG o MCM	53,69	8,27	1/0
Becas→Residencia2	AWG o MCM	4,44	2,38	12
Becas→Residencia3	AWG o MCM	17,92	4,78	4
Becas→Residencia4	AWG o MCM	79,11	10,04	2/0
GR→Hotelito	AWG o MCM	34,23	6,60	2
GR→Ccomedor	AWG o MCM	55,55	8,41	1/0
GR→Cbombas	AWG o MCM	28,26	6,00	4
GR→Becas	AWG o MCM	80,65	10,14	3/0
Aulas→Edificio1	AWG o MCM	14,25	4,26	6
GD→Edificio2	AWG o MCM	24,30	5,56	4
Aulas→Edificio3	AWG o MCM	19,44	4,98	4
Aulas→Edificio4	AWG o MCM	10,69	3,69	8
GD→Pbeneficio	AWG o MCM	85,33	10,43	3/0
GD→Ccompresores	AWG o MCM	60,69	8,79	2
GD→Aulas	AWG o MCM	48,39	7,85	1

Tabla.3.13 Sección y calibre de los conductores para cada línea del ISMM.

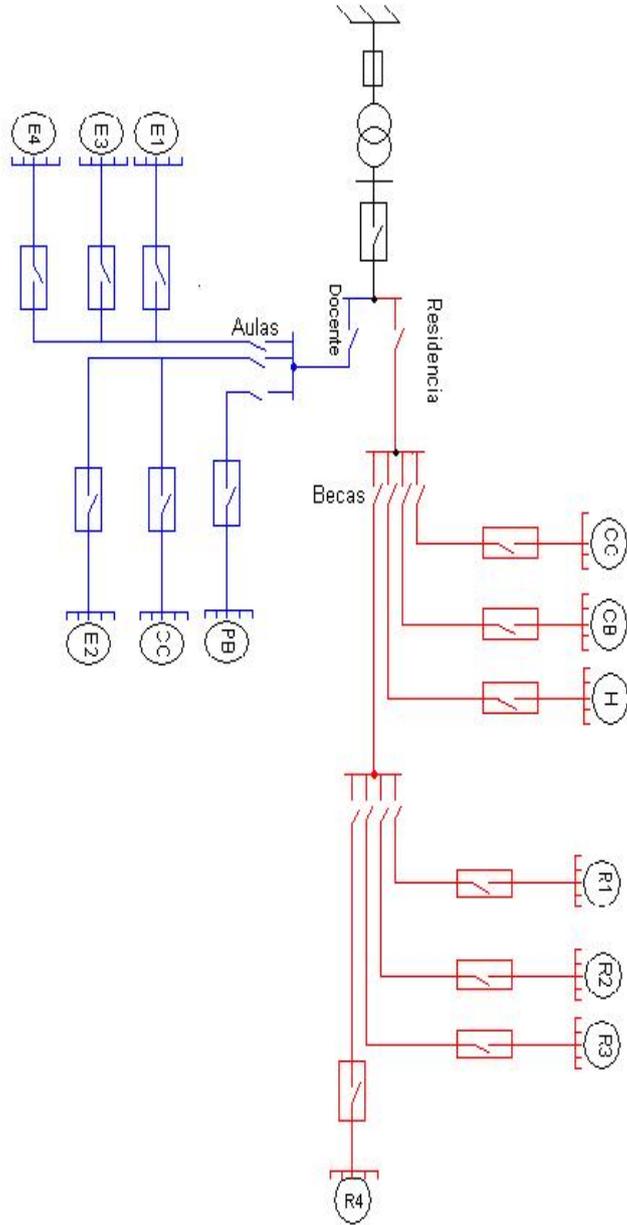


Fig.3.6 Monolineal propuesto para la Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico del ISMM

3.4.1-Determinación de los valores óhmicos y de potencia para cada línea del ISMM.

Para realizar el cálculo de las caídas de voltajes y pérdidas en las líneas se determinaron los valores de potencias, resistencias y reactancias de las mismas (ver tablas.3.14, 3.15, 3.16) para cada variante así como la longitud de cada una de ellas ya que de esto depende la caída de voltaje.

Transformador ubicado en Residencia							
Tablas de Valores de Residencia							
Líneas	P(kW)	Q(kvar)	Longitud(km)	R(Ω /km)	X(Ω /km)	R(Ω)	X(Ω)
Becas→Residencia1	6,71	3,25	0,05	0,1158	0,0297	0,0058	0,001485
Becas→Residencia2	1,03	0,42	0,01	1,83	0,0393	0,0183	0,000393
Becas→Residencia3	7,39	1,34	0,11	0,292	0,0318	0,0321	0,003498
Becas→Residencia4	10,66	2,90	0,098	0,0918	0,029	0,0090	0,002842
GR→Ccomedor	7,78	19,05	0,08	0,1158	0,0297	0,0093	0,002376
GR→Hotelito	14,74	4,78	0,25	0,184	0,0299	0,0460	0,007475
GR→Cbombas	25,48	22,47	0,02	0,292	0,0318	0,0058	0,000636
GR→Becas	25,79	7,9	0,002	0,0728	0,0281	0,0001	0,0000562
GI→GResi.	73,80	54,23	0,002	0,0577	0,0276	0,0001	0,0000552
Tablas de Valores del Docente							
Edificios	P(kW)	Q(kvar)	Longitud(km)	R(Ω /km)	X(Ω /km)	R(Ω)	X(Ω)
Aulas→Edificio1	12,75	10,00	0,13	0,485	0,0336	0,0631	0,004368
GD→Edificio2	18,75	15,00	0,04	0,292	0,0318	0,0117	0,001272
Aulas→Edificio3	12,00	10,25	0,14	0,292	0,0318	0,0409	0,004452
Aulas→Edificio4	7,75	6,00	0,17	0,725	0,0358	0,1233	0,006086
GD→Pbeneficio	74,65	46,26	0,03	0,0728	0,0281	0,0022	0,000843
GD→Ccompre..	25,90	26,42	0,045	0,184	0,0299	0,0083	0,0013455
GD→Aulas	32,50	26,25	0,002	0,146	0,0305	0,0003	0,000061
Residen→Docent.	151,80	113,93	0,22	0,0728	0,0281	0,0160	0,006182
T→General ISMM	225,60	168,16	0,02	0,0359	0,0271	0,0007	0,000542

Tabla.3.14 Datos de cada línea del ISMM (Variante No.1)

Transformador ubicado en el Docente							
Tablas de Valores de Residencia							
Lineas	P(kW)	Q(kvar)	Longitud(km)	R(Ω /km)	X(Ω /km)	R(Ω)	X(Ω)
Becas→Residencia1	6,71	3,25	0,05	0,1158	0,0297	0,0058	0,001485
Becas→Residencia2	1,03	0,42	0,01	1,83	0,0393	0,0183	0,000393
Becas→Residencia3	7,39	1,34	0,11	0,292	0,0318	0,0321	0,003498
Becas→Residencia4	10,66	2,90	0,098	0,0918	0,029	0,0090	0,002842
GR→Ccomedor	7,78	19,05	0,08	0,1158	0,0297	0,0093	0,002376
GR→Hotelito	14,74	4,78	0,25	0,184	0,0299	0,0460	0,007475
GR→Cbombas	25,48	22,47	0,02	0,292	0,0318	0,0058	0,000636
GR→Becas	25,79	7,9	0,002	0,0728	0,0281	0,0001	0,0000562
Docent→Residen.	73,79	54,21	0,22	0,0577	0,0276	0,0127	0,006072
Tablas de Valores del Docente							
Edificios	P(kW)	Q(kvar)	Longitud(km)	R(Ω /km)	X(Ω /km)	R(Ω)	X(Ω)
Aulas→Edificio1	12,75	10,00	0,13	0,485	0,0336	0,0631	0,004368
GD→Edificio2	18,75	15,00	0,04	0,292	0,0318	0,0117	0,001272
Aulas→Edificio3	12,00	10,25	0,14	0,292	0,0318	0,0409	0,004452
Aulas→Edificio4	7,75	6,00	0,17	0,725	0,0358	0,1233	0,006086
GD→Pbeneficio	74,65	46,26	0,03	0,0728	0,0281	0,0022	0,000843
GD→Ccompre..	25,90	26,42	0,045	0,184	0,0299	0,0083	0,0013455
GD→Aulas	32,50	26,25	0,002	0,146	0,0305	0,0003	0,000061
GI→General Docente	151,80	113,93	0,002	0,0728	0,0281	0,0001	0,0000562
T→General ISMM	225,59	168,14	0,006	0,0359	0,0271	0,0002	0,0001626

Tabla.3.15 Datos de cada línea del ISMM (Variante No.2)

Transformador ubicado en la Caldera							
Tablas de Valores de Residencia							
Lineas	P(kW)	Q(kVAR)	Longitud(km)	R(Ω /km)	X(Ω /km)	R(Ω)	X(Ω)
Becas→Residencia1	6,71	3,25	0,05	0,1158	0,0297	0,0058	0,0015
Becas→Residencia2	1,03	0,42	0,01	1,83	0,0393	0,0183	0,0004
Becas→Residencia3	7,39	1,34	0,11	0,292	0,0318	0,0321	0,0035
Becas→Residencia4	10,66	2,90	0,098	0,0918	0,029	0,0090	0,0028
GR→Ccomedor	7,78	19,05	0,08	0,1158	0,0297	0,0093	0,0024
GR→Hotelito	14,74	4,78	0,25	0,184	0,0299	0,0460	0,0075
GR→Cbombas	25,48	22,47	0,02	0,292	0,0318	0,0058	0,0006
GR→Becas	25,79	7,9	0,002	0,0728	0,0281	0,0001	0,0001
GI→General R.	73,79	54,21	0,15	0,0577	0,0276	0,0087	0,0041
Tablas de Valores del Docente							
Edificios	P(kW)	Q(kVAR)	Longitud(km)	R(Ω /km)	X(Ω /km)	R(Ω)	X(Ω)
Aulas→Edificio1	12,75	10,00	0,13	0,485	0,0336	0,0631	0,004368
GD→Edificio2	18,75	15,00	0,04	0,292	0,0318	0,0117	0,001272
Aulas→Edificio3	12,00	10,25	0,14	0,292	0,0318	0,0409	0,004452
Aulas→Edificio4	7,75	6,00	0,17	0,725	0,0358	0,1233	0,006086
GD→Pbeneficio	74,65	46,26	0,03	0,0728	0,0281	0,0022	0,000843
GD→Ccompre..	25,90	26,42	0,045	0,184	0,0299	0,0083	0,0013455

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

GD→Aulas	32,50	26,25	0,002	0,146	0,0305	0,0003	0,000061
GI→General D	151,80	113,93	0,1	0,0728	0,0281	0,0073	0,00281
T→General ISMM	225,59	168,14	0,006	0,0359	0,0271	0,0002	0,0001626

Tabla.3.16 Datos de cada línea del ISMM (Variante No.3)

3.4.2.-Cálculo de las Caídas de Voltajes.

Las fluctuaciones de caídas de voltajes son una de las deficiencias que mas afecta a nuestro Sistema Eléctrico actual por ello una vez que se determinaron los valores óhmicos correspondientes a la selección de los conductores, los valores de potencia activa y reactiva, así cómo la longitud del tramo de cada una de las líneas (ver tablas.3.14, 3.15, 3.16) se pudo determinar los niveles de caídas de voltajes y pérdidas en las líneas para cada variante (ver tablas 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22) que tendría el nuevo Sistema Eléctrico.

Variante No uno para la reanimación del Sistema eléctrico en el ISMM					
Caídas de Voltajes (Transf. en Residencia)					
No	Alimentadores	ΔV		V aplicado	
1	T→General ISMM	$\Delta V0-1$	1,15	V1	218,85
2	GI→GResidencia	$\Delta V1-1R$	0,05	V1R	218,80
3	GR→Cbombas	$\Delta V1R-1R1$	0,75	V1R1	218,05
4	GR→Ccomedor	$\Delta V1R-1R2$	0,54	V1R2	218,26
5	GR→Hotelito	$\Delta V1R-1R3$	3,26	V1R3	215,53
6	GR→Becas	$\Delta V1R-1R4$	0,02	V1R4	218,78
7	GR→Residencia1	$\Delta V1R4-1R5$	0,20	V1R5	218,58
8	GR→Residencia2	$\Delta V1R4-1R6$	0,09	V1R6	218,69
9	GR→Residencia3	$\Delta V1R4-1R7$	1,11	V1R7	217,67
10	GR→Residencia4	$\Delta V1R4-1R8$	0,48	V1R8	218,30
11	Residen→Docent.	$\Delta V1-1D$	14,33	V1D	204,52
12	GD→Pbeneficio	$\Delta V1D-1D1$	0,99	V1D1	203,53
13	GD→Ccompre..	$\Delta V1D-1D2$	1,22	V1D2	203,30
14	GD→Edificio2	$\Delta V1D-1D3$	1,16	V1D3	203,36
15	GD→Aulas	$\Delta V1D-1D4$	0,05	V1D4	204,47
16	GD→Edificio1	$\Delta V1D4-1D5$	4,15	V1D5	200,32
17	GD→Edificio3	$\Delta V1D4-1D6$	2,62	V1D6	201,85
18	GD→Edificio4	$\Delta V1D4-1D7$	4,85	V1D7	199,62

Tabla.3.17 Caídas de voltajes de cada línea (Variante No.1)

Variante No 1 para la reanimación del Sistema eléctrico en el ISMM					
Pérdidas en las líneas (Transf. en Residencia)					
No	Alimentadores	ΔP		ΔQ	
1	T→General ISMM	$\Delta P0-1$	1186,87	$\Delta Q0-1$	322,55
2	GI→GResidencia	$\Delta P1-1R$	20,22	$\Delta Q1-1R$	3,48
3	GR→Cbombas	$\Delta P1R-1R1$	141,80	$\Delta Q1R-1R1$	15,44
4	GR→Ccomedor	$\Delta P1R-1R2$	82,37	$\Delta Q1R-1R2$	21,13
5	GR→Hotelito	$\Delta P1R-1R3$	237,83	$\Delta Q1R-1R3$	38,65
6	GR→Becas	$\Delta P1R-1R4$	2,21	$\Delta Q1R-1R4$	0,85
7	Becas→Residencia1	$\Delta P1R4-1R5$	6,74	$\Delta Q1R4-1R5$	1,73
8	Becas→Residencia2	$\Delta P1R4-1R6$	0,48	$\Delta Q1R4-1R6$	0,01
9	Becas→Residencia3	$\Delta P1R4-1R7$	38,22	$\Delta Q1R4-1R7$	4,16
10	Becas→Residencia4	$\Delta P1R4-1R8$	23,04	$\Delta Q1R4-1R8$	7,28
11	Residen→Docent.	$\Delta P1-1D$	13792,95	$\Delta Q1-1D$	5323,93
12	GD→Pbeneficio	$\Delta P1D-1D1$	406,61	$\Delta Q1D-1D1$	156,95
13	GD→Ccompre..	$\Delta P1D-1D2$	274,22	$\Delta Q1D-1D2$	44,56
14	GD→Edificio2	$\Delta P1D-1D3$	162,84	$\Delta Q1D-1D3$	17,73
15	GD→Aulas	$\Delta P1D-1D4$	12,19	$\Delta Q1D-1D4$	2,55
16	Aulas→Edificio1	$\Delta P1D4-1D5$	412,53	$\Delta Q1D4-1D5$	28,58
17	Aulas→Edificio3	$\Delta P1D4-1D6$	249,91	$\Delta Q1D4-1D6$	27,22
18	Aulas→Edificio4	$\Delta P1D4-1D7$	297,13	$\Delta Q1D4-1D7$	14,67

Tabla.3.18 Pérdidas de potencia en cada línea (Variante No.1)

Variante No 2 para la reanimación del Sistema eléctrico en el ISMM					
Caídas de Voltages(transf en el Docente)					
No	Alimentadores	ΔV		V aplicado	
1	T→General ISMM	$\Delta V0-1$	0,35	V1	219,65
2	Docent→Residen.	$\Delta V1-1R$	5,76	V1R	213,89
3	GR→Cbombas	$\Delta V1R-1R1$	0,76	V1R1	213,13
4	GR→Ccomedor	$\Delta V1R-1R2$	0,55	V1R2	213,34
5	GR→Hotelito	$\Delta V1R-1R3$	3,34	V1R3	210,55
6	GR→Becas	$\Delta V1R-1R4$	0,02	V1R4	213,87
7	Becas→Residencia1	$\Delta V1R4-1R5$	0,20	V1R5	213,67
8	Becas→Residencia2	$\Delta V1R4-1R6$	0,09	V1R6	213,78
9	Becas→Residencia3	$\Delta V1R4-1R7$	1,13	V1R7	212,74
10	Becas→Residencia4	$\Delta V1R4-1R8$	0,49	V1R8	213,39
11	GI→General D	$\Delta V1-1D$	0,13	V1D	219,53
12	GD→Pbeneficio	$\Delta V1D-1D1$	0,92	V1D1	218,60
13	GD→Ccompre..	$\Delta V1D-1D2$	1,14	V1D2	218,39
14	GD→Edificio2	$\Delta V1D-1D3$	1,08	V1D3	218,44
15	GD→Aulas	$\Delta V1D-1D4$	0,05	V1D4	219,47
16	Aulas→Edificio1	$\Delta V1D4-1D5$	3,86	V1D5	215,61

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

17	Aulas→Edificio3	$\Delta V1D4-1D6$	2,44	V1D6	217,03
18	Aulas→Edificio4	$\Delta V1D4-1D7$	4,52	V1D7	214,96

Tabla.3.19 Caídas de voltajes de cada línea (Variante No.2)

Variante No 2 para la reanimación del Sistema eléctrico en el ISMM					
Pérdidas en las líneas (transf en el docente)					
No	Alimentadores	ΔP		ΔQ	
1	T→General ISMM	$\Delta P0-1$	353,41	$\Delta Q0-1$	266,78
2	Docent→Residen.	$\Delta P1-1R$	2326,19	$\Delta Q1-1R$	1112,70
3	GR→Cbombas	$\Delta P1R-1R1$	148,38	$\Delta Q1R-1R1$	16,16
4	GR→Ccomedor	$\Delta P1R-1R2$	86,18	$\Delta Q1R-1R2$	22,10
5	GR→Hotelito	$\Delta P1R-1R3$	249,14	$\Delta Q1R-1R3$	40,49
6	GR→Becas	$\Delta P1R-1R4$	2,32	$\Delta Q1R-1R4$	0,89
7	Becas→Residencia1	$\Delta P1R4-1R5$	7,05	$\Delta Q1R4-1R5$	1,81
8	Becas→Residencia2	$\Delta P1R4-1R6$	0,50	$\Delta Q1R4-1R6$	0,01
9	Becas→Residencia3	$\Delta P1R4-1R7$	40,03	$\Delta Q1R4-1R7$	4,36
10	Becas→Residencia4	$\Delta P1R4-1R8$	24,11	$\Delta Q1R4-1R8$	7,62
11	GI→General D	$\Delta P1-1D$	108,84	$\Delta Q1-1D$	42,01
12	GD→Pbeneficio	$\Delta P1D-1D1$	352,48	$\Delta Q1D-1D1$	136,05
13	GD→Ccompre..	$\Delta P1D-1D2$	237,64	$\Delta Q1D-1D2$	38,62
14	GD→Edificio2	$\Delta P1D-1D3$	213,38	$\Delta Q1D-1D3$	15,37
15	GD→Aulas	$\Delta P1D-1D4$	10,58	$\Delta Q1D-1D4$	2,21
16	Aulas→Edificio1	$\Delta P1D4-1D5$	356,10	$\Delta Q1D4-1D5$	24,67
17	Aulas→Edificio3	$\Delta P1D4-1D6$	216,16	$\Delta Q1D4-1D6$	23,54
18	Aulas→Edificio4	$\Delta P1D4-1D7$	256,24	$\Delta Q1D4-1D7$	12,65

Tabla.3.20 Pérdidas de potencia en cada línea (Variante No.2)

Variante No 3 para la reanimación del Sistema eléctrico en el ISMM					
Caídas de Voltajes(transf en casa caldera)					
No	Alimentadores	ΔV		V aplicado	
1	T→General ISMM	$\Delta V0-1$	0,35	V1	219,65
2	GI→Residen.	$\Delta V1-1R$	3,93	V1R	215,73
3	GR→Cbombas	$\Delta V1R-1R1$	0,76	V1R1	214,97
4	GR→Ccomedor	$\Delta V1R-1R2$	0,54	V1R2	215,18
5	GR→Hotelito	$\Delta V1R-1R3$	3,31	V1R3	212,42
6	GR→Becas	$\Delta V1R-1R4$	0,02	V1R4	215,71
7	Becas→Residencia1	$\Delta V1R4-1R5$	0,20	V1R5	215,50
8	Becas→Residencia2	$\Delta V1R4-1R6$	0,09	V1R6	215,62
9	Becas→Residencia3	$\Delta V1R4-1R7$	1,12	V1R7	214,58
10	Becas→Residencia4	$\Delta V1R4-1R8$	0,48	V1R8	215,22
11	GI→General D	$\Delta V1-1D$	6,49	V1D	213,17
12	GD→Pbeneficio	$\Delta V1D-1D1$	0,92	V1D1	212,25
13	GD→Ccompre..	$\Delta V1D-1D2$	1,17	V1D2	211,99
14	GD→Edificio2	$\Delta V1D-1D3$	1,12	V1D3	212,05
15	GD→Aulas	$\Delta V1D-1D4$	0,05	V1D4	213,11
16	Aulas→Edificio1	$\Delta V1D4-1D5$	3,98	V1D5	209,14

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

17	Aulas→Edificio3	ΔV1D4-1D6	2,52	V1D6	210,60
18	Aulas→Edificio4	ΔV1D4-1D7	4,65	V1D7	208,46

Tabla.3.21 Caídas de voltajes de cada línea (Variante No.2)

Variante No 3 para la reanimación del Sistema electrico en el ISMM					
Pérdidas en las líneas (transf en la caldera)					
No	Alimentadores	ΔP		ΔQ	
1	T→General ISMM	ΔP0-1	353,41	ΔQ0-1	266,78
2	Docent→Residen.	ΔP1-1R	1559,19	ΔQ1-1R	745,82
3	GR→Cbombas	ΔP1R-1R1	145,85	ΔQ1R-1R1	15,88
4	GR→Ccomedor	ΔP1R-1R2	84,72	ΔQ1R-1R2	21,73
5	GR→Hotelito	ΔP1R-1R3	244,79	ΔQ1R-1R3	39,78
6	GR→Becas	ΔP1R-1R4	2,28	ΔQ1R-1R4	0,88
7	Becas→Residencia1	ΔP1R4-1R5	6,93	ΔQ1R4-1R5	1,78
8	Becas→Residencia2	ΔP1R4-1R6	0,49	ΔQ1R4-1R6	0,01
9	Becas→Residencia3	ΔP1R4-1R7	39,35	ΔQ1R4-1R7	4,29
10	Becas→Residencia4	ΔP1R4-1R8	23,70	ΔQ1R4-1R8	7,49
11	GI→General D	ΔP1-1D	5771,35	ΔQ1-1D	2227,68
12	GD→Pbeneficio	ΔP1D-1D1	373,92	ΔQ1D-1D1	144,33
13	GD→Ccompre..	ΔP1D-1D2	252,19	ΔQ1D-1D2	40,98
14	GD→Edificio2	ΔP1D-1D3	149,77	ΔQ1D-1D3	16,31
15	GD→Aulas	ΔP1D-1D4	11,22	ΔQ1D-1D4	2,34
16	Aulas→Edificio1	ΔP1D4-1D5	378,49	ΔQ1D4-1D5	26,22
17	Aulas→Edificio3	ΔP1D4-1D6	229,57	ΔQ1D4-1D6	25,00
18	Aulas→Edificio4	ΔP1D4-1D7	272,45	ΔQ1D4-1D7	13,45

Tabla.3.22 Pérdidas de potencia en cada línea (Variante No.2)

Con el resultado de las caídas de voltajes y pérdidas de potencia obtenidos en cada una de las líneas para cada variante de nuestro proyecto se determinó el comportamiento de las mismas en cada una de los alimentadores que se instalaran en cada una de las pizarras de nuestras variantes. En los gráficos (ver Anexo 39, 40 y 41) se muestran claramente los niveles de mayores caídas de voltajes los cuales están dados en La Variante No.1, donde la caída máxima es de un 6% y la máxima caída de voltaje admisible para un sistema eléctrico de distribución eficiente es de un 3%, el cual se cumple para cada una de las líneas de las variantes 2 y 3, descartando así la variante No.1 cómo posible solución de las deficiencias de nuestro sistemas. Las pérdidas en las líneas ascienden a los 14 kW en la línea del docente en la variante No.1 (ver anexo 22), a los 5kW en la línea del Docente de la variante No. 3 (ver anexo 24) y los 2 kW en la línea de Residencia de la variante No.2 (ver anexo 23), siendo esta la de menores pérdidas de energía

3.5-Cálculo de los niveles de cortos circuitos.

Tener conocimiento de los niveles de los cortos circuitos es de suma importancia para cualquier proyecto de Suministro Eléctrico ya que los mismos nos permitirá realizar un ajuste de nuestras protecciones lo mas eficiente posible en cuanto a rapidez y sensibilidad de las mismas. El análisis de esta falla en específico se realizo para cada una de las variantes llegando a la conclusión de que las fallas mínimas en cada una estas variantes ascienden a los valores que se muestran en la tabla.3.23.

Niveles de Cortos Circuitos en el ISMM	
Tipo	I(A)
3Φ	5000
2Φ	4000
2Φ-Tierra	2000
1Φ	700

Tabla.3.23 Nivel de cortos circuitos en cada uno de los nodos.

3.6- Ajuste de las Protecciones.

Para el ajuste de las protecciones se tuvo en cuenta el análisis de los niveles de cortos circuitos tomando cómo referencia los cortos circuitos monofásicos ya que son las fallas de menor nivel que se tendrán en las líneas de nuestro Sistema Eléctrico, para una mayor sensibilidad de las protecciones, exceptuando las líneas de los motores que hay en nuestro centro donde la menor falla será la bifásica , se tuvo en cuenta las corrientes de los transitorios máximos de cada una de las maquinas de inducción del Sistema actual ya que las mismas pueden tomar valores 5 veces mas grande que el nominal así cómo la comprobación de que no existiese solapamiento entre los interruptores garantizando de esta forma su coordinación(ver tabla.3.24).

Interruptores Automáticos			
Líneas	Inominal	Imagnética	Clase
T→ISMM	800	1600	A
General→Residencia	500	1000	A
General→Docente	400	800	A
Becas→Residencia1	300	600	C
Becas→Residencia2	20	40	C
Becas→Residencia3	125	250	C
Becas→Residencia4	350	700	C
GR→Hotelito	150	300	C
GR→Ccomedor	300	600	C
GR→Cbombas	525	525	C
GR→Becas	400	800	B
Aulas→Edificio1	70	140	C
GD→Edificio2	100	200	C
Aulas→Edificio3	100	200	C

Aulas→Edificio4	63	126	C
GD→Pbeneficio	350	700	C
GD→Ccompresores	600	600	C
GD→Aulas	225	675	B

Tabla.3.24 Ajuste de las protecciones para cada área.

3.7- Valoración Económica

Cómo todo proyecto una vez que se tienen cada uno de los elementos seleccionados para su explotación eficiente, saber cuanto representa el mismo económicamente es de mucha importancia con la actual crisis económica, por lo que se realizó la valoración económica en este epígrafe teniendo en cuenta la inversión a efectuar para hacer físico este exhaustivo trabajo, la sustitución de los transformadores de 37.5 kVA de la variante #3 de conexión de los transformadores por los de 50 kVA actualmente instalados para reducir gastos (ver tablas.3.25 ,3.26, 3.27). La inversión de miles de dólares para mejorar la calidad de la energía de nuestro sistema eléctrico es necesaria ya que nuestro proyecto amortizara con el ahorro de miles de dólares en computadoras y lámparas, producto a las fluctuaciones del voltaje que tienden a ser dañinas para estos equipos , en caso de que ocurra un ciclón , la formación de los nuevos ingenieros no se vera afectada por ello, ya que se podrá obtener energía desde un grupo electrógeno y los actuales problemas de la asimetría en las fases del laboratorio de máquina estarán resueltos.

Tabla de precio de los elementos del Sistema (variante #1)			
Elemento		CUC	CUP
Transformador	167kVA	4455,68	111392
Conductores TW sección AWG-MCM	Cantidad	CUC	CUP
500 MCM	1	55,4	1386
4/0	3	29,64	741
3/0	9	899,1	22477,5
1/0	7	2293,2	57330
12	3	4,2	105
4	12	3410,4	85260
2/0	3	717,36	17934
2	6	2601,9	65047,5
6	3	241,8	6045
8	3	91,8	2295
1	3	3,3	82,5
Interruptores Automáticos	Cantidad	CUC	CUP
800	1	1824	45600
500	1	1014,16	25354
400	2	1824	45600
300	2	1273,78	31844,5
20	1	9,3	232,5

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

125	1	145,8	3645	
350	2	1546	38650	
150	1	400	10000	
525	1	1150	28750	
70	1	116,5	2914	
100	2	129,3	3232,7	
63	1	111,6	2790	
600	1	1273,8	31844,5	
225	1	456,3	11408,7	
Mano de Obra		Días	CUC	CUP
Brigada de Electricistas		3	9,7	243
Total de la Inversión		CUC	CUP	
		26078,32	651958	

Tabla.3.25 Precio de cada uno de los elementos del Sistema (variante #1).

Tabla de precio de los elementos del Sistema (variante #2)			
Elemento		CUC	CUP
Transformador	167kVA	4455,68	111392
Conductores TW sección AWG-MCM	Cantidad	CUC	CUP
500 MCM	1	55,4	1386
4/0	3	1086,8	27170
3/0	9	137,7	3442,5
1/0	7	2293,2	57330
12	3	42	1050
4	12	3645,6	91140
2/0	3	717,36	17934
2	6	2601,9	65047,5
6	3	241,8	6045
8	3	91,8	2295
1	3	3,3	82,5
Interruptores Automáticos	Cantidad	CUC	CUP
800	1	1824	45600
500	1	1014,16	25354
400	2	1824	45600
300	2	1273,78	31844,5
20	1	9,3	232,5
125	1	145,8	3645
350	2	1546	38650
150	1	400	10000
525	1	1150	28750
70	1	116,5	2914
100	2	129,3	3232,7
63	1	111,6	2790
600	1	1273,8	31844,5

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

225	1	456,3	11408,7
Mano de Obra	Días	CUC	CUP
Brigada de Electricistas	3	9,7	243
Total de la Inversión	CUC	CUP	
	28480,94	712023,5	

Tabla.3.26 Precio de cada uno de los elementos del Sistema (variante #2).

Tabla de precio de los elementos del Sistema (variante #3)			
Elemento		CUC	CUP
Transformador	167kVA	4455,68	111392
Conductores TW sección AWG-MCM		Cantidad	CUC
500 MCM		1	55,4
4/0		3	2223
3/0		9	3148,2
1/0		7	2293,2
12		3	4,2
4		12	3410,4
2/0		3	717,36
2		6	2601,9
6		3	241,8
8		3	91,8
1		3	3,3
Interruptores Automáticos		Cantidad	CUC
800		1	1824
500		1	1014,16
400		2	1824
300		2	1273,78
20		1	9,3
125		1	145,8
350		2	1546
150		1	400
525		1	1150
70		1	116,5
100		2	129,3
63		1	111,6
600		1	1273,8
225		1	456,3
Mano de Obra		Días	CUC
Brigada de Electricistas		3	9,7
Total de la Inversión	CUC	CUP	
	30520,78	763019,5	

Tabla.3.27 Precio de cada uno de los elementos del Sistema (variante #3).

3.8- Selección de la variante más eficiente

Con los resultados obtenidos en el desarrollo de nuestro proyecto y un análisis detallado de cada uno de ellos se pudo establecer cuáles son las variantes más eficientes atendiendo al carácter técnico-económico. En el caso de las variantes de conexión de los transformadores la variante a seleccionar es la #3(ver epígrafe 2.4.3) según el Reglamento del Servicio Eléctrico, Capítulo Primero, Normas Técnicas, Sección Primera de las Características del Sistema Eléctrico, artículo 1 y 2 de La Ley Eléctrica(1287). La variante a seleccionar para la ubicación del banco de transformadores es la #2(ver epígrafe 2.4) ya que la misma cumple con lo siguiente; las caídas de voltajes están dentro del 3% admisible para sistemas eléctricos de distribución y es la variante de menos pérdidas activas.

3.9-Conclusiones del Capítulo.

1. Se seleccionó un transformador de 167 kVA para la carga monofásica y 2 de 50 kVA actualmente instalados para la carga trifásica.
2. Las protecciones del Sistema Eléctrico se ajustaron para los cortos circuitos monofásicos de 700 A.
3. La mejor área para la ubicación de los transformadores es el Docente (variante #2 de nuestro proyecto).

Conclusiones Generales

- 1- El sistema de alimentación propuesto (variante #2 de ubicación de los Transformadores) de tensiones trifásicas balanceadas fue un banco de transformadores conformado por uno de **167 kVA** y **2 de 50 kVA** actualmente instalados conectados en **Y/Δ** con tensiones **13.8 /0.220 kV**.
- 2- El sistema propuesto posibilita la alimentación con un grupo electrógeno desde el Docente, contando con un interruptor general de **800 A** para todo el Sistema Eléctrico en el ISMM.
- 3- Las caídas de voltajes están dentro del 3% admisible, las pérdidas totales del Sistema Eléctrico actual han sido reducida en un 71.24 % mejorando así la calidad de la energía en el ISMM.

Recomendaciones

- Realizar el estudio de factibilidad de propuesta del proyecto
- Elaborar el proyecto ejecutivo sobre la base de la propuesta presentada

Bibliografía

- AMADOR MARTINEZ, Esteban. *Electrotecnia Básica*. La Habana: Pueblo y Educación. [S.a.].
- D. GUTIÉRREZ BARRERA, M; OCHOA PEÑA, M. *Diagnóstico Energético Ambiental del ISMM*. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2005.
- D. LARAMORE, R, McPHERSON, G. *An introduction to electrical machines an transformer*. [S.l.]: [s.n.], [s.a.]. 315 p.
- ESPINOSA NIEVES, G. *Redes Eléctricas*. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988. 97 p.
- FEODOROV, A; RODRÍGUEZ LÓPEZ, E. *Suministro eléctricos de empresas industriales*. La Habana: I Pueblo y Educación, 1980. 189 p.
- INTERMAR Agencia de Confianza.
- KOSTENCO, M; PIOTROVSKY, L. *Máquinas Eléctricas*. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982. 522 p.
- LORENZO MUSTELIER, A. *Mediciones Eléctricas: Mediciones eléctricas de los parámetros eléctricos*. La Habana: ENPES, 1987. 435 p.
- Manual Estándar del Montador Electricista*
- PACHECO MARTES, D. *Estructura y comportamiento actual del sistema de distribución eléctrico en el área docente del ISMM*. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2008.
- PÉREZ LABAÑINO, I. *Uso de transformadores monofásicos para el servicio combinado en el bloque docente del ISMM*. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2003.
- PRIETO MILLÁN, D. *Estructura y comportamiento actual del sistema de distribución eléctrico en el área de la residencia del ISMM*. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2008.

SMOLENSKI, I. *Máquinas Eléctricas*. [S.l.]: [s.n.], [s.a.].

PÉREZ MUSTELIER, A; TORRES NOA, Y. *Evaluación del Sistema de Gestión Energética de ISMM y determinación de los indicadores de consumo del portador electricidad y agua*. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2006.

VOLDEK, A. I. *Máquinas Eléctricas*. [S.l.]: [s.n.], [s.a.].

M.I.T, Circuitos magnéticos y Transformadores [on line]. Buenos Aires: Reverté, 1981.
[Consultado marzo 2009]. Disponible en: < <http://transformadortrifásico.mth> >

Software.

Paquete de Office

ANEXOS

Anexo1

Consumo total del ISMM por mes (2009)					
Mes	Enero	Consumo(kWh)	Mes	Enero	Consumo(kvarh)
día	01-ene	823	día	01-ene	498
	02-ene	807		02-ene	505
	03-ene	812		03-ene	497
	04-ene	826		04-ene	497
	05-ene	308		05-ene	157
	06-ene	1082		06-ene	546
	07-ene	1082		07-ene	545
	08-ene	850		08-ene	449
	09-ene	1149		09-ene	647
	10-ene	1199		10-ene	620
	11-ene	1240		11-ene	640
	12-ene	1196		12-ene	545
	13-ene	1151		13-ene	556
	14-ene	1226		14-ene	595
	15-ene	1203		15-ene	570
	16-ene	1149		16-ene	647
	17-ene	1199		17-ene	620
	18-ene	1240		18-ene	640
	19-ene	791		19-ene	327
	20-ene	1240		20-ene	554
	21-ene	1273		21-ene	633
	22-ene	1261		22-ene	625
	23-ene	1183		23-ene	622
	24-ene	1182		24-ene	628
	25-ene	1213		25-ene	625
	26-ene	1198		26-ene	596
	27-ene	1208		27-ene	665
	28-ene	1331		28-ene	686
	29-ene	1336		29-ene	624
	30-ene	1302		30-ene	707
Total		33060	Total		17066
Em		1102	Emr		568,86
Pm		45,92	Qm		23,70
Sm	51,67352568				
I	135,6078362				
Fp	0,888591712				

Anexo 2

Mes	Febrero	Consumo(kWh)	Mes	Febrero	Consumo(kvarh)
día	01-feb	1763	día	01-feb	1197
	02-feb	991		02-feb	807
	03-feb	1822		03-feb	1014
	04-feb	1766		04-feb	1323
	05-feb	1844		05-feb	1108
	06-feb	1559		06-feb	1124
	07-feb	1590		07-feb	1132
	08-feb	1606		08-feb	1070
	09-feb	1445		09-feb	1082
	10-feb	1506		10-feb	1054
	11-feb	1450		11-feb	1073
	12-feb	1489		12-feb	1205
	13-feb	1753		13-feb	1194
	14-feb	1531		14-feb	1044
	15-feb	1229		15-feb	954
	16-feb	1650		16-feb	1296
	17-feb	1934		17-feb	1192
	18-feb	1726		18-feb	1255
	20-feb	1741		20-feb	1262
	21-feb	1905		21-feb	1229
	22-feb	1730		22-feb	1234
	23-feb	1835		23-feb	1170
	24-feb	1778		24-feb	1113
	25-feb	1978		25-feb	1295
	26-feb	1921		26-feb	1251
	27-feb	1910		27-feb	1260
Total		43452	Total		29934
Em		1609,333333	Emr		1108,65
Pm		67,06	Qm		46,19
Sm	81,42673234				
I	213,6897538				
Fp	0,823507878				

Anexo3

Mes	marzo	Consumo(kWh)	Mes	marzo	Consumo(kvarh)
día	01-mar	1629	día	01-mar	1008
	02-mar	1829		02-mar	1141
	03-mar	1856		03-mar	1068
	04-mar	1496		04-mar	1069
	05-mar	1682		05-mar	1057
	06-mar	1683		06-mar	1070
	07-mar	2235		07-mar	1071
	08-mar	1406		08-mar	1070
	09-mar	1406		09-mar	1072
	10-mar	1758		10-mar	1119
	11-mar	1745		11-mar	1119
	12-mar	1664		12-mar	1095
	13-mar	1616		13-mar	1023
	14-mar	1774		14-mar	1125
	15-mar	1774		15-mar	1126
	16-mar	2090		16-mar	810
	17-mar	2157		17-mar	875
	18-mar	1995		18-mar	737
	19-mar	1790		19-mar	676
	20-mar	1627		20-mar	744
	21-mar	1628		21-mar	745
	22-mar	1656		22-mar	707
	23-mar	1805		23-mar	727
	24-mar	1863		24-mar	745
	25-mar	1914		25-mar	802
	26-mar	1826		26-mar	692
	27-mar	1681		27-mar	850
	28-mar	1679		28-mar	849
	29-mar	1681		29-mar	849
	30-mar	1953		30-mar	617
Total		52898	Total		27665
Em		1763,266667	Emr		922,16
Pm		73,47	Qm		38,42
Sm	82,91032837				

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

I	217,5831837	
Fp	0,886131389	

Anexo 4

Mes	Abril	Consumo(kWh)	Mes	Abril	Consumo(kvarh)
día	01-abr	1782	día	01-abr	617
	02-abr	1689		02-abr	616
	03-abr	1866		03-abr	617
	04-abr	1784		04-abr	619
	05-abr	1784		05-abr	620
	06-abr	1784		06-abr	620
	07-abr	2045		07-abr	802
	08-abr	2045		08-abr	803
	09-abr	1979		09-abr	757
	10-abr	1897		10-abr	750
	11-abr	1670		11-abr	607
	12-abr	1667		12-abr	717
	13-abr	2034		13-abr	740
	14-abr	2041		14-abr	940
	15-abr	2073		15-abr	811
	16-abr	2048		16-abr	777
	17-abr	Consumo medio		17-abr	Consumo medio
	18-abr			18-abr	
	19-abr	2027		19-abr	730
	20-abr	Consumo semana		20-abr	Consumo semana
	21-abr			21-abr	
	22-abr	24326		22-abr	8754
	23-abr			23-abr	
	24-abr			24-abr	
	25-abr			25-abr	
	26-abr			26-abr	
	27-abr			27-abr	
	28-abr			28-abr	
	29-abr	1124		29-abr	654
Total		55638	Total		20897
Em		1918,55	Emr		720,57
Pm		79,94	Qm		30,02
Sm	85,3918699				
I	224,0955412				
Fp	0,936150658				

Anexo 5

Mes	Mayo	Consumo(kWh)	Mes	Mayo	Consumo(kvarh)
día	01-may	Consumo medio	día	01-may	Consumo medio
	02-may			02-may	574,50
	03-may	1446,40		03-may	
	04-may	Cons semana		04-may	Cons semana
	05-may			05-may	
	06-may			06-may	5745,00
	07-may	14464,00		07-may	
	08-may			08-may	
	09-may			09-may	
	10-may			10-may	
	11-may	1362		11-may	944
	12-may	1734		12-may	958
	13-may	2018		13-may	910
	14-may	1924		14-may	896
	15-may	1756		15-may	802
	16-may	1511		16-may	855
	17-may	1612		17-may	858
	18-may	1953		18-may	719
	19-may	2068		19-may	710
	20-may	2064		20-may	679
	21-may	2172		21-may	725
	22-may	1932		22-may	727
	23-may	1526		23-may	687
	24-may	1469		24-may	742
	25-may	2052		25-may	903
	26-may	1916		26-may	954
	27-may	1910		27-may	885
	28-may	1808		28-may	732
	29-may	1455		29-may	799
	30-may	1547		30-may	195
Total		51699,4	Total		22000
Em		1723,313333	Emr		733,32
Pm		71,80	Qm		30,55
Sm	78,03536167				
I	204,7897139				
Fp	0,920156205				

Anexo6

Mes	Junio	Consumo(kWh)	Mes	Junio	Consumo(kvarh)
día	01-jun	1666	día	01-jun	71
	02-jun	1531		02-jun	541
	03-jun	1531		03-jun	691
	04-jun	1310		04-jun	562
	05-jun	1131		05-jun	563
	06-jun	924		06-jun	473
	07-jun	944		07-jun	523
	08-jun	1168		08-jun	448
	09-jun	1362		09-jun	627
	10-jun	1252		10-jun	563
	11-jun	1249		11-jun	585
	12-jun	1036		12-jun	472
	13-jun	1038		13-jun	472
	14-jun	1038		14-jun	470
	15-jun	1037		15-jun	473
	16-jun	1287		16-jun	550
	17-jun	1245		17-jun	548
	18-jun	1245		18-jun	549
	19-jun	1117		19-jun	562
	20-jun	1119		20-jun	562
	21-jun	1117		21-jun	564
	22-jun	1119		22-jun	562
	23-jun	1116		23-jun	563
	24-jun	1118		24-jun	563
	25-jun	1118		25-jun	564
	26-jun	1128		26-jun	628
	27-jun	1026		27-jun	554
	28-jun	1026		28-jun	551
	29-jun	1312		29-jun	613
Total		34310	Total		15467
Em		1183,103448	Emr		533,34
Pm		49,30	Qm		22,22
Sm	54,07348515				
I	141,9060964				

Anexo 7

Mes	julio	Consumo(kWh)	Mes	julio
día	01-jul	1374	día	01-jul
	02-jul	1385		02-jul
	03-jul	1291		03-jul
	04-jul	1165		04-jul
	05-jul	1095		05-jul
	06-jul	1424		06-jul
	07-jul	1274		07-jul
	08-jul	1326		08-jul
	09-jul	1070		09-jul
	10-jul	1172		10-jul
	11-jul	1103		11-jul
	12-jul	1065		12-jul
	13-jul	1299		13-jul
	14-jul	1328		14-jul
	15-jul	1184		15-jul
	16-jul	1278		16-jul
	17-jul	1142		17-jul
	18-jul	1047		18-jul
	19-jul	915		19-jul
	20-jul	1234		20-jul
	21-jul	1181		21-jul
	22-jul	1205		22-jul
	23-jul	1225		23-jul
	24-jul	985		24-jul
	25-jul	762		25-jul
	26-jul	730		26-jul
	27-jul	633		27-jul
	28-jul	780		28-jul
	29-jul	716		29-jul
	30-jul	641		30-jul
Total		33029	Total	
Em		1100,966667	Emr	
Pm		45,87	Qm	

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

Sm	50,87980869
I	133,5248693
Fp	0,901607382

Anexo 8

Mes	agosto	Consumo(kWh)	Mes	agosto	Consumo(kvarh)
día	01-ago	631	día	01-ago	274
	02-ago	641		02-ago	266
	03-ago	654		03-ago	339
	04-ago	643		04-ago	323
	05-ago	678		05-ago	333
	06-ago	621		06-ago	295
	07-ago	586		07-ago	296
	08-ago	665		08-ago	358
	09-ago	638		09-ago	347
	10-ago	634		10-ago	347
	11-ago	674		11-ago	322
	12-ago	751		12-ago	348
	13-ago	658		13-ago	298
	14-ago	703		14-ago	331
	15-ago	691		15-ago	342
	16-ago	685		16-ago	322
	17-ago	645		17-ago	161
	18-ago	708		18-ago	160
	19-ago	769		19-ago	371
	20-ago	769		20-ago	361
	21-ago	771		21-ago	363
	22-ago	770		22-ago	362
	23-ago	769		23-ago	363
	24-ago	769		24-ago	363
	25-ago	768		25-ago	363
	26-ago	770		26-ago	362
	27-ago	768		27-ago	364
	28-ago	769		28-ago	360
	29-ago	798		29-ago	410
	30-ago	825		30-ago	407
Total		21221	Total		9911

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

Em		707,3666667		Emr		330,37
Pm		29,47		Qm		13,77
Sm	32,52962687					
I	85,36813104					
Fp	0,906054386					

Anexo 9

Mes	septiembre	Consumo(kWh)		Mes	septiembre	Consumo(kvarh)
día	01-sep	1131		día	01-sep	554
	02-sep	1210			02-sep	557
	03-sep	1183			03-sep	553
	04-sep	1223			04-sep	555
	05-sep	1047			05-sep	552
	06-sep	929			06-sep	577
	07-sep	1236			07-sep	575
	08-sep	1363			08-sep	600
	09-sep	1217			09-sep	539
	10-sep	1218			10-sep	537
	11-sep	1218			11-sep	538
	12-sep	1218			12-sep	538
	13-sep	1217			13-sep	539
	14-sep	1219			14-sep	537
	15-sep	1343			15-sep	575
	16-sep	1228			16-sep	533
	17-sep	1226			17-sep	533
	18-sep	1228			18-sep	531
	19-sep	1227			19-sep	532
	20-sep	1230			20-sep	534
	21-sep	1226			21-sep	531
	22-sep	1230			22-sep	535
	23-sep	1225			23-sep	535
	24-sep	1447			24-sep	603
	25-sep	997			25-sep	475
	26-sep	997			26-sep	475
	27-sep	1252			27-sep	556
	28-sep	1203			28-sep	557
	29-sep	1262			29-sep	541
Total		34950		Total		15797

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

Em		1205,172414		Emr		544,72
Pm		50,22		Qm		22,70
Sm	55,10666635					
I	144,6174939					
Fp	0,911242152					

Anexo 10

Mes	octubre	Consumo(kWh)	Mes	octubre	Consumo(kvarh)
día	01-oct	1333	día	01-oct	568
	02-oct	1216		02-oct	568
	03-oct	1012		03-oct	429
	04-oct	1137		04-oct	524
	05-oct	1318		05-oct	577
	06-oct	1280		06-oct	516
	07-oct	1445		07-oct	514
	08-oct	1333		08-oct	517
	09-oct	1073		09-oct	513
	10-oct	971		10-oct	447
	11-oct	1029		11-oct	445
	12-oct	1314		12-oct	534
	13-oct	1446		13-oct	612
	14-oct	1314		14-oct	450
	15-oct	1442		15-oct	531
	16-oct	1269		16-oct	531
	17-oct	1121		17-oct	515
	18-oct	1162		18-oct	516
	19-oct	1151		19-oct	514
	20-oct	1343		20-oct	527
	21-oct	1336		21-oct	554
	22-oct	1374		22-oct	554
	23-oct	1315		23-oct	514
	24-oct	1203		24-oct	513
	25-oct	1122		25-oct	525
	26-oct	1220		26-oct	504
	27-oct	1383		27-oct	525
	28-oct	1421		28-oct	562

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

	29-oct	1318		29-oct	468
	30-oct	1396		30-oct	550
Total		37797		Total	15617
Em		1259,9		Emr	520,57
Pm		52,50		Qm	21,69
Sm	56,80035799				
I	149,0622817				
Fp	0,924216593				

Anexo 11

Mes	noviembre	Consumo(kWh)	Mes	noviembre	Consumo(kvarh)
día	01-nov	1156	día	01-nov	548
	02-nov	1345		02-nov	549
	03-nov	1354		03-nov	550
	04-nov	1404		04-nov	550
	05-nov	1389		05-nov	551
	06-nov	1385		06-nov	525
	07-nov	1122		07-nov	525
	08-nov	1282		08-nov	527
	09-nov	1392		09-nov	526
	10-nov	1336		10-nov	546
	11-nov	1424		11-nov	554
	12-nov	1358		12-nov	508
	13-nov	1410		13-nov	505
	14-nov	1086		14-nov	498
	15-nov	1089		15-nov	529
	16-nov	1370		16-nov	574
	17-nov	1344		17-nov	587
	18-nov	1420		18-nov	614
	19-nov	1287		19-nov	490
	20-nov	1291		20-nov	592
	21-nov	1118		21-nov	499
	22-nov	1161		22-nov	490
	23-nov	1375		23-nov	507
	24-nov	1171		24-nov	505
	25-nov	1269		25-nov	512
	26-nov	1181		26-nov	510
	27-nov	1240		27-nov	572
	28-nov	1313		28-nov	579
	29-nov	1016		29-nov	441

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

Total		37088		Total		15463
Em		1278,896552		Emr		533,21
Pm		53,29		Qm		22,22
Sm	57,73331265					
I	151,5106527					
Fp	0,922991491					

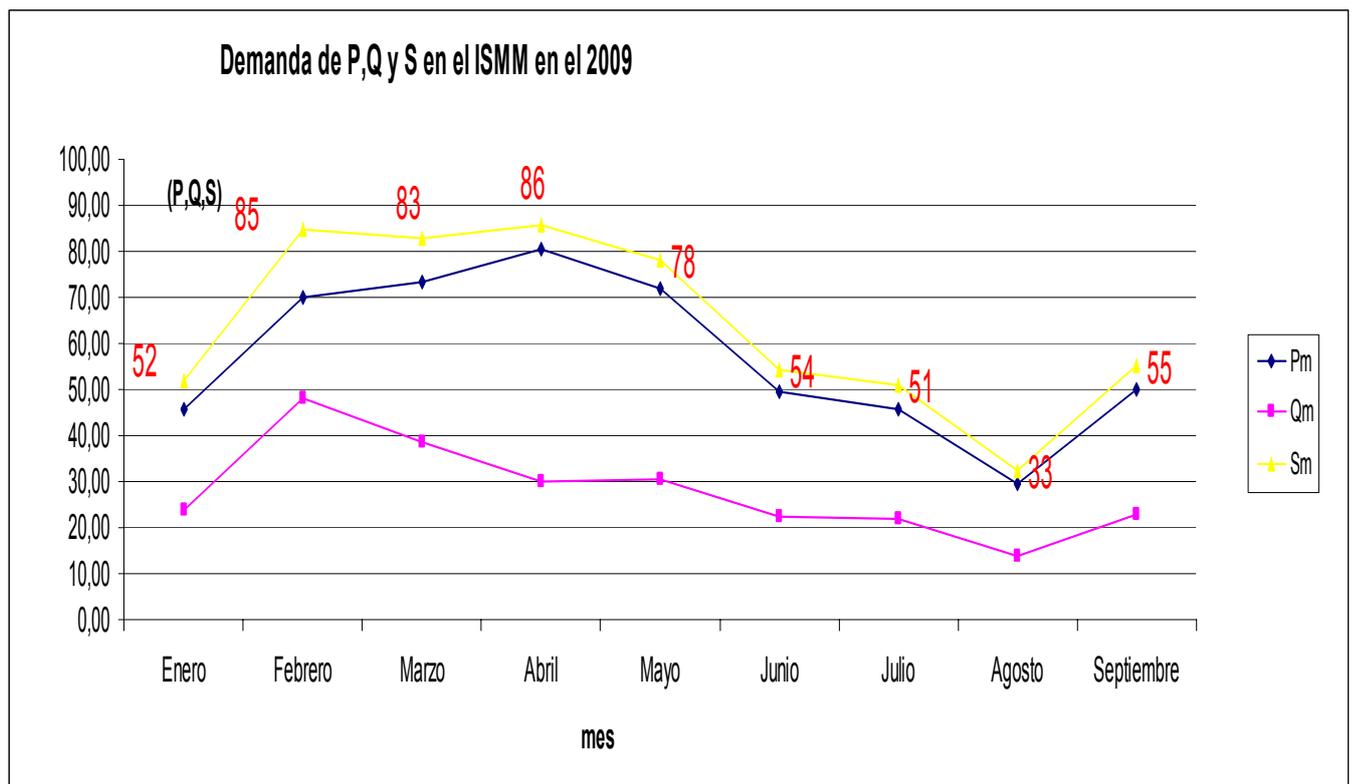
Anexo 12

Mes	diciembre	Consumo(kWh)	Mes	diciembre	Consumo(kvarh)
día	01-dic	1346	día	01-dic	512
	02-dic	1346		02-dic	509
	03-dic	1330		03-dic	540
	04-dic	1087		04-dic	477
	05-dic	1201		05-dic	550
	06-dic	1176		06-dic	528
	07-dic	1376		07-dic	510
	08-dic	1487		08-dic	623
	09-dic	1489		09-dic	623
	10-dic	1308		10-dic	515
	11-dic	1307		11-dic	669
	12-dic	1013		12-dic	654
	13-dic	1319		13-dic	251
	14-dic	1420		14-dic	627
	15-dic	1406		15-dic	560
	16-dic	1433		16-dic	570
	17-dic	1252		17-dic	559
	18-dic	1252		18-dic	548
	19-dic	1062		19-dic	467
	20-dic	605		20-dic	259
	21-dic	1023		21-dic	326
	22-dic	877		22-dic	345
	23-dic	807		23-dic	295
	24-dic	878		24-dic	384
	25-dic	660		25-dic	297
	26-dic	697		26-dic	276
	27-dic	603		27-dic	274

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

	28-dic	608		28-dic	278
	29-dic	683		29-dic	312
	30-dic	612		30-dic	273
Total		32663	Total		13611
Em		1088,766667	Emr		453,70
Pm		45,37	Qm		18,90
Sm	49,14647439				
I	128,9760465				
Fp	0,923062709				

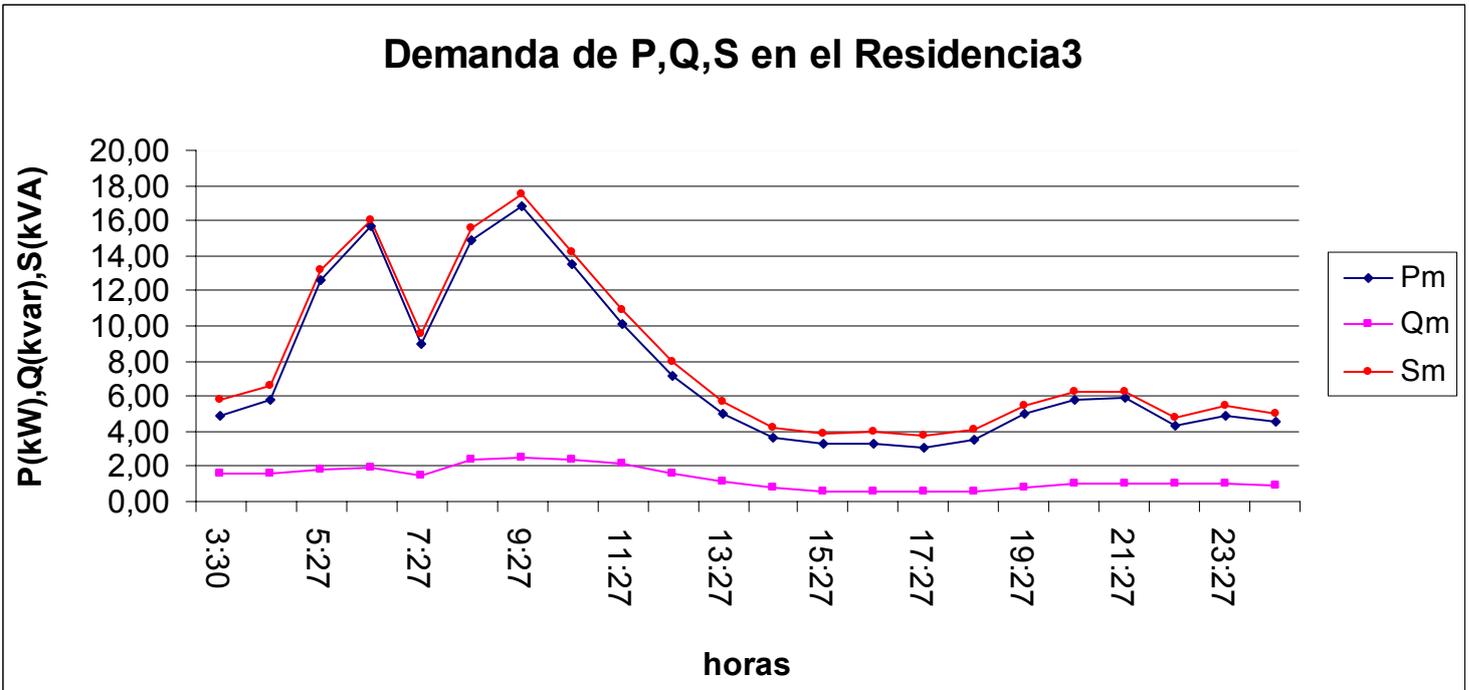
Anexo 13



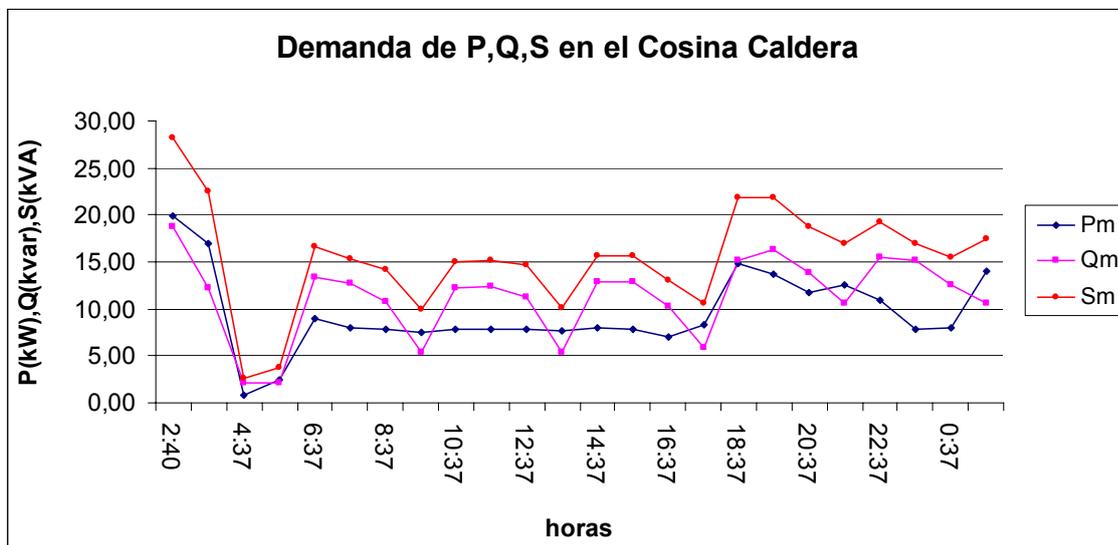
Anexo 14

Casa de Bombas				
Time	kW Total	kVAR	kVA	A
14:07	27,48	24,235082	36,64	96,155063
14:12	27,23	24,0146027	36,3066667	95,2802899
14:17	27,28	24,0586986	36,3733333	95,4552445
14:22	26,57	23,4325374	35,4266667	92,9708888
14:27	26,85	23,6794742	35,8	93,9506347
14:32	26,6	23,458995	35,4666667	93,0758616
14:37	26,22	23,1238665	34,96	91,7462064
14:42	26,32	23,2120582	35,0933333	92,0961157
14:47	26,21	23,1150473	34,9466667	91,7112155
14:52	26,6	23,458995	35,4666667	93,0758616
14:57	26,11	23,0268556	34,8133333	91,3613062
15:02	25,72	22,6829079	34,2933333	89,9966601
15:07	26,3	23,1944198	35,0666667	92,0261338
15:12	26,31	23,203239	35,08	92,0611247
15:17	26,33	23,2208773	35,1066667	92,1311066
15:22	26,01	22,9386639	34,68	91,011397
15:27	25,86	22,8063763	34,48	90,4865331
15:32	25,69	22,6564504	34,2533333	89,8916874
15:37	26,05	22,9739406	34,7333333	91,1513607
15:42	26,22	23,1238665	34,96	91,7462064
15:47	26,25	23,150324	35	91,8511792
15:52	25,77	22,7270038	34,36	90,1716148
15:57	25,52	22,5065245	34,0266667	89,2968416
16:02	24,34	21,4658623	32,4533333	85,1679124
16:07	22,57	19,904869	30,0933333	78,9745186
16:12	22,45	19,799039	29,9333333	78,5546275
16:17	22,41	19,7637623	29,88	78,4146638
16:22	22,09	19,4815488	29,4533333	77,2949542
16:27	22,55	19,8872307	30,0666667	78,9045368
16:32	22,57	19,904869	30,0933333	78,9745186
Valores medios	25,4826667	22,4735996	33,9768889	89,1662088

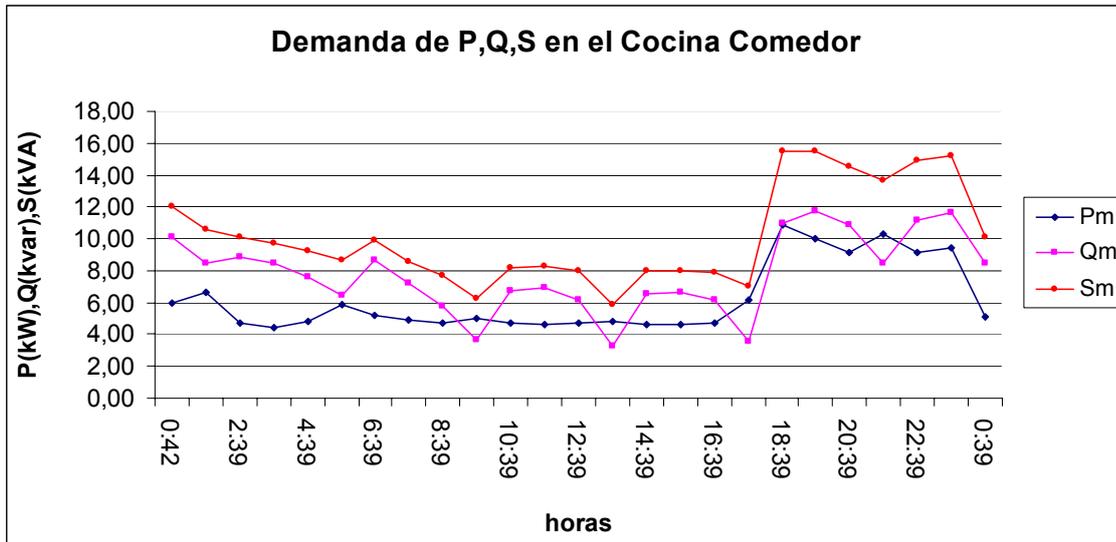
Anexo 15



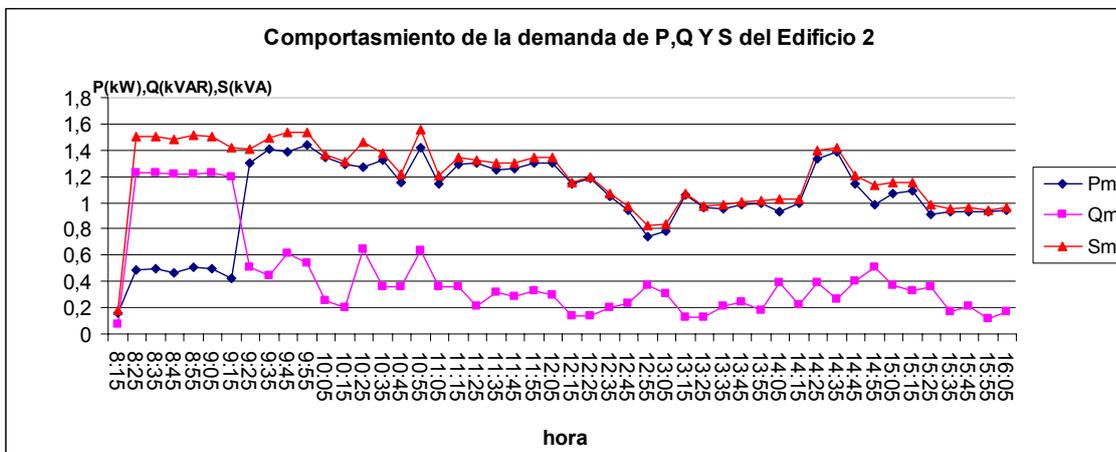
Anexo 16



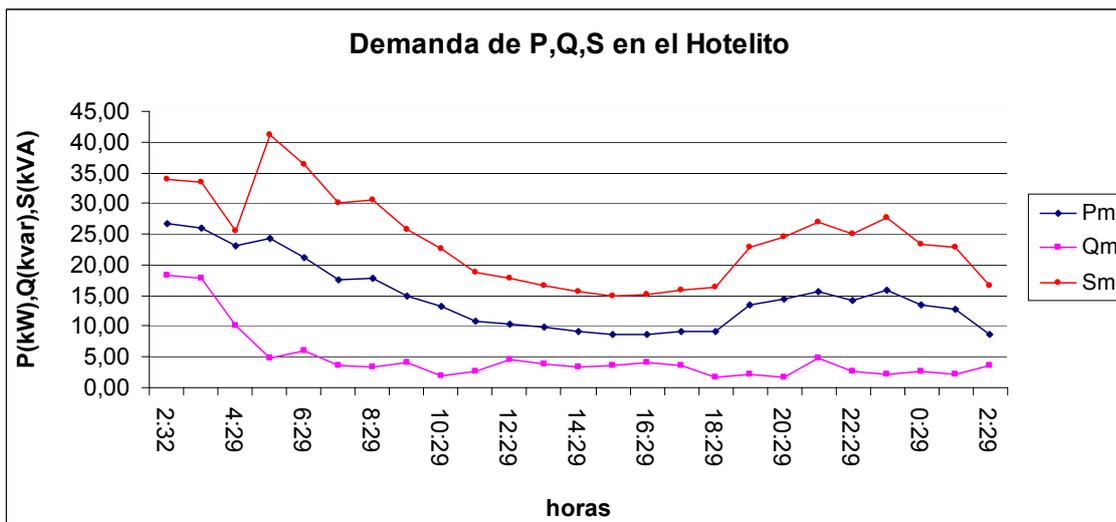
Anexo 17



Anexo 18



Anexo 19



Anexo 20

Tabla de los Edificios del Docente						
Área	t (h)	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)	fp
Edificio 1	10.00	13,00	10,00	16,00	41,99	0,81
	12.00	11,00	9,00	14,00	36,74	0,79
	14.00	16,00	11,00	19,00	49,86	0,84
	16.00	11,00	10,00	15,00	39,36	0,73
	valores med	12,75	10,00	16,00	41,99	0,79
Edificio 2	8.00	18	14	23	60,36	0,78
	10.00	20	15	25	65,61	0,80
	12.00	17	15	23	60,36	0,74
	14.00	20	14	24	62,98	0,83
	16.00	18	16	24	62,98	0,75
valores med	18,75	15,00	24,00	62,98	0,78	
Edificio 3	8.00	5	4	7	18,37	0,71
	10.00	14	11	18	47,24	0,78
	12.00	10	9	13	34,12	0,77
	14.00	15	13	20	52,49	0,75
	16.00	9	8	12	31,49	0,75
valores med	12,00	10,25	15,75	41,33	0,76	
Edificio 4	8.00	6	5	8	20,99	0,75
	10.00	9	6	11	28,87	0,82
	12.00	7	6	9	23,62	0,78
	14.00	9	7	11	28,87	0,82
	16.00	6	5	8	20,99	0,75
valores med	7,75	6,00	9,75	25,59	0,79	

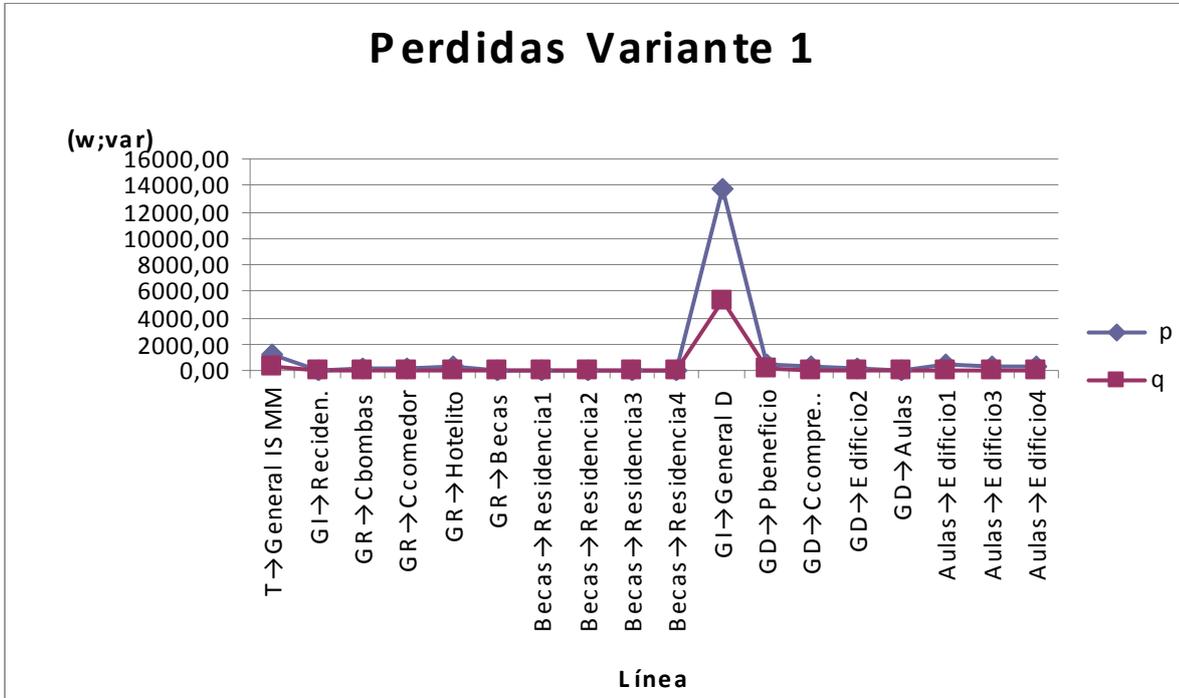
Anexo 21

Tabla de consumo por horas promedio(2009)ISMM						
hora	Ea(kWh)	Er(kvarh)	P^2+jQ^2	S	Fp	I
7:00	62	30	4730,7160	68,7802	0,901	180,501216
8:00	63	26	4645,0000	68,1542	0,924	178,858486
9:00	78	26	6812,3086	82,5367	0,950	216,602692
10:00	92	27	9100,3465	95,3957	0,959	250,348881
11:00	82	23	7332,9946	85,6329	0,962	224,728097
12:00	86	27	8051,0687	89,7277	0,954	235,474269
1:00	81	26	7198,5216	84,8441	0,953	222,658023
2:00	92	41	10143,8557	100,7167	0,914	264,312817
3:00	100	31	10887,5679	104,3435	0,955	273,830696
4:00	71	21	5504,0031	74,1890	0,958	194,69555
5:00	109	20	12253,6327	110,6961	0,983	290,501996
6:00	129	21	17019,7446	130,4597	0,986	342,368036

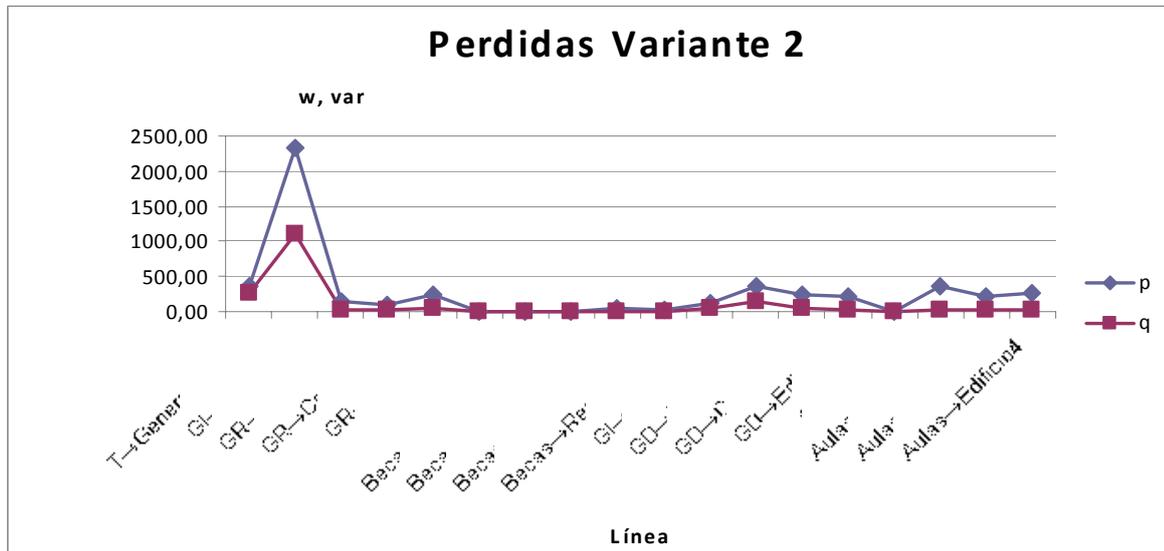
Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

7:00	122	27	15518,3403	124,5726	0,977	326,918372
8:00	94	23	9448,7531	97,2047	0,972	255,096172
9:00	72	20	5557,3804	74,5478	0,964	195,637342
10:00	71	23	5539,5594	74,4282	0,950	195,323413

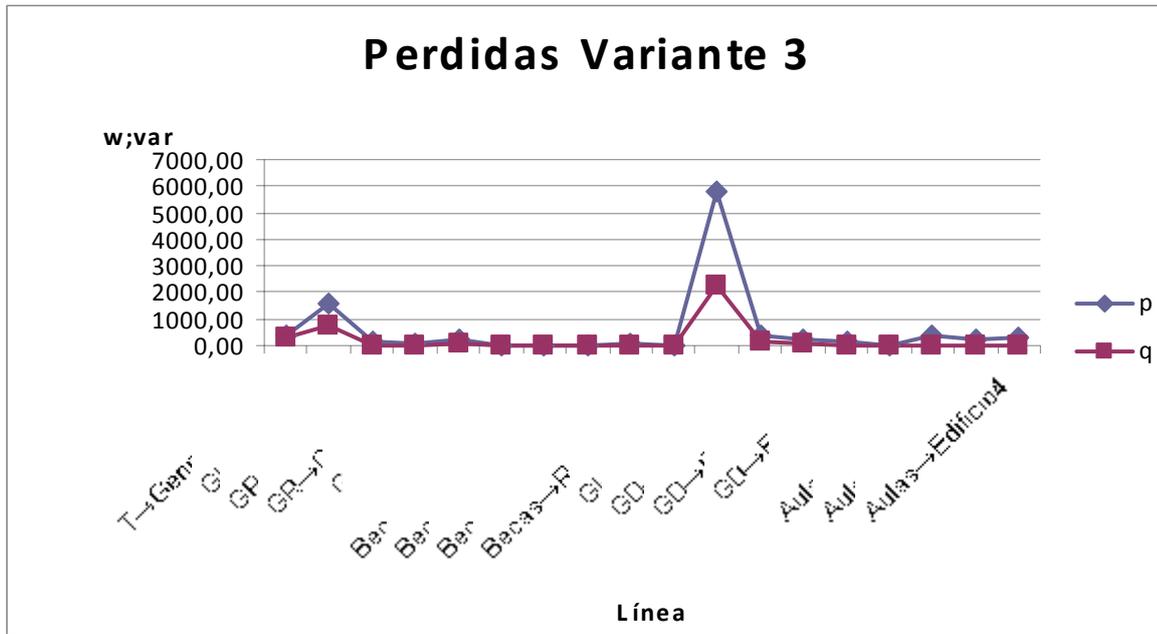
Anexo 22



Anexo 23



Anexo 24



Anexo 25

Comportamiento del consumo diario en el ISMM					
Día	Ea(kW)	Er(kvar)	Pm	Qm	Sm
Domingo	1130	600	47,07	25,02	53,3094026
Lunes	873	406	36,39	16,93	40,1300198
Martes	1170	580	48,76	24,18	54,4251846
Miércoles	1228	615	51,17	25,61	57,2199726
Jueves	1095	553	45,61	23,05	51,1019972
Viernes	1118	656	46,58	27,33	54,0067599
Sábado	1098	591	45,75	24,64	51,9611125

Anexo 26

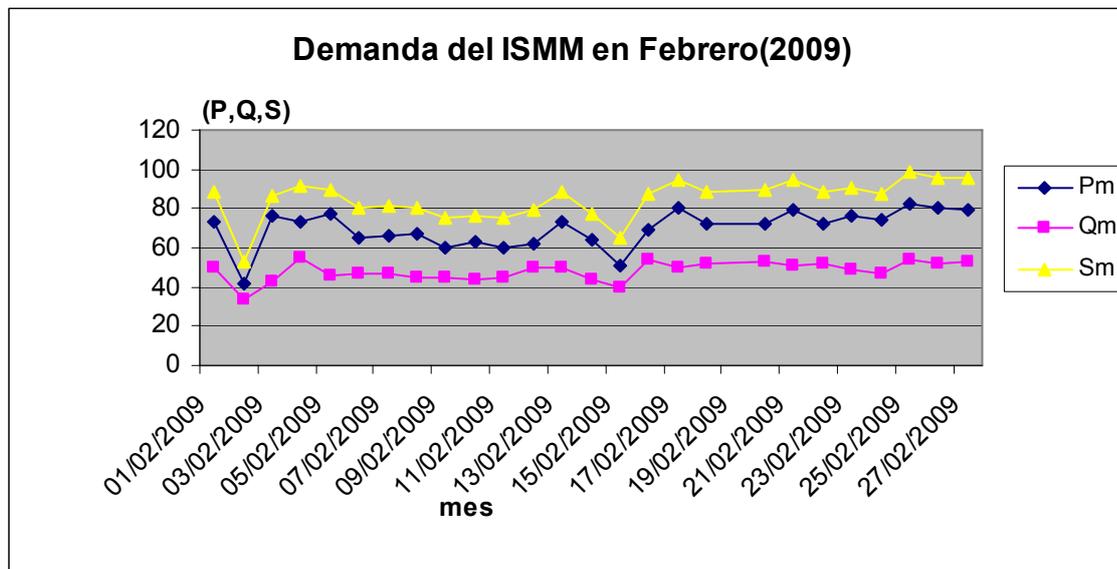
Valores máximos de P,S,I en el ISMM			
Mes	P(kW)	S(KVA)	I(A)
Enero	56	62	162,71
Febrero	82	99	259,81
Marzo	93	103	270,30
Abril	86	94	246,69
Mayo	91	95	249,31
Junio	69	70	183,70
Julio	59	74	194,20
Agosto	34	38	99,72
Septiembre	60	65	170,58
Octubre	60	64	168,03
Noviembre	59	64	169,17
Diciembre	62	62	176,49

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

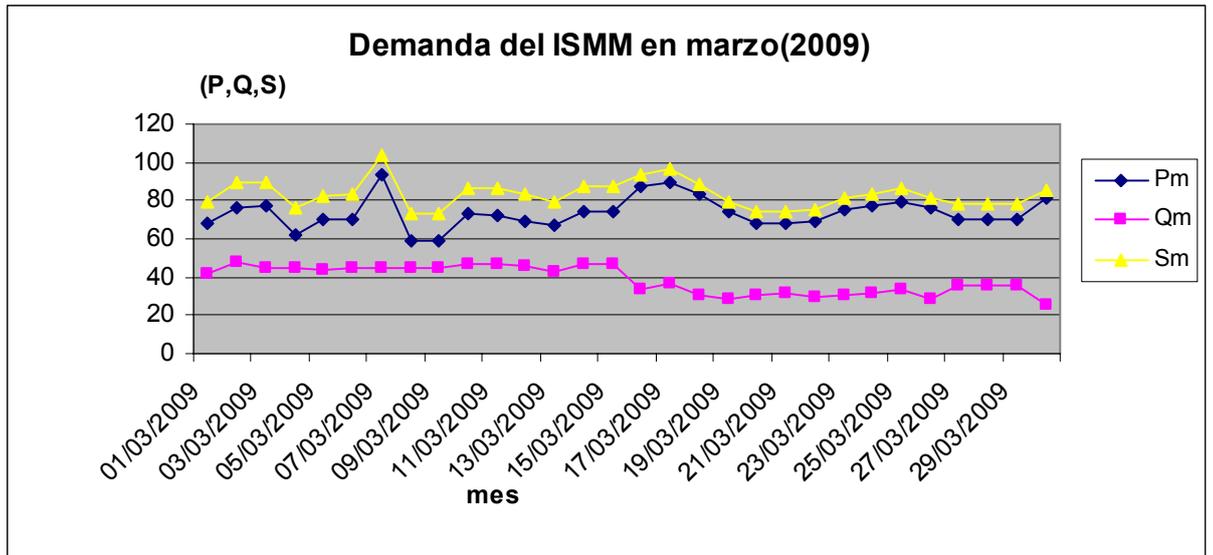
Valores máximos de P,S,I en Residencia			
Mes	P(kW)	S(KVA)	I(A)
Enero	51	57	149,17
Febrero	58	57,71	151,45
Marzo	85	85,16	223,48
Abril	51	56	146,88
Mayo	52	56	147,91
Junio	39	45	118,09
Julio	38	57	149,59
Agosto	26	29	77,00
Septiembre	42	42	111,30
Octubre	40	45	117,00
Noviembre	44	48	127,16
Diciembre	41	45	117,48

Valores máximos de P,S,I en el Docente			
Mes	P(kW)	S(KVA)	I(A)
Enero	43	47	122,42
Febrero	40	43	111,87
Marzo	35	37	96,29
Abril	51	56	148,20
Mayo	41	45	119,30
Junio	33	33	86,00
Julio	21	22	56,74
Agosto	9	10	26,24
Septiembre	26	27	69,94
Octubre	60	65	170,58
Noviembre	59	64	167,96
Diciembre	62	67	175,83

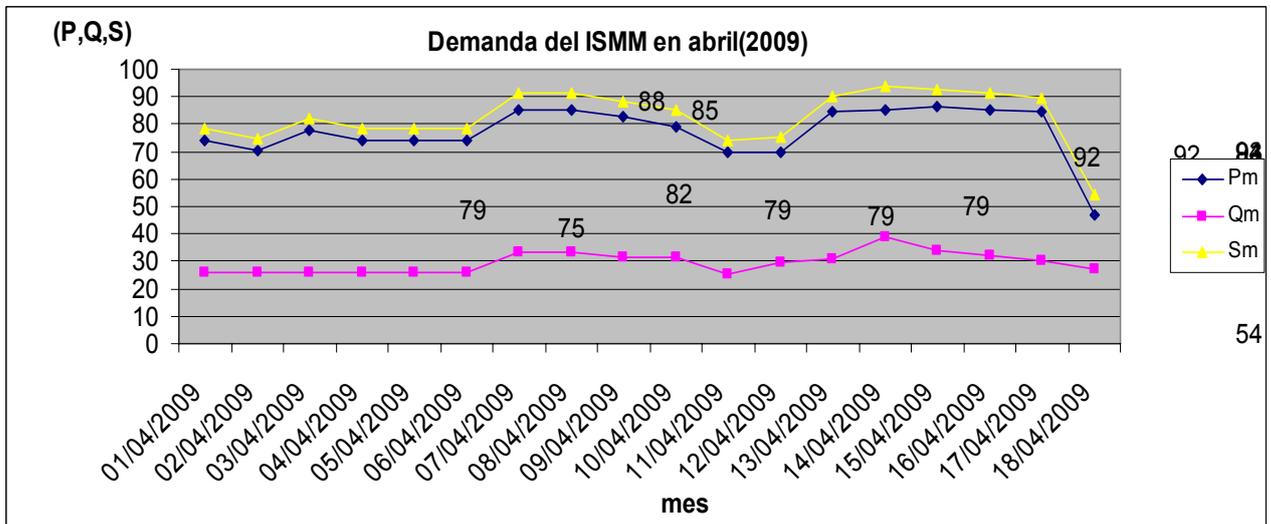
Anexo 27



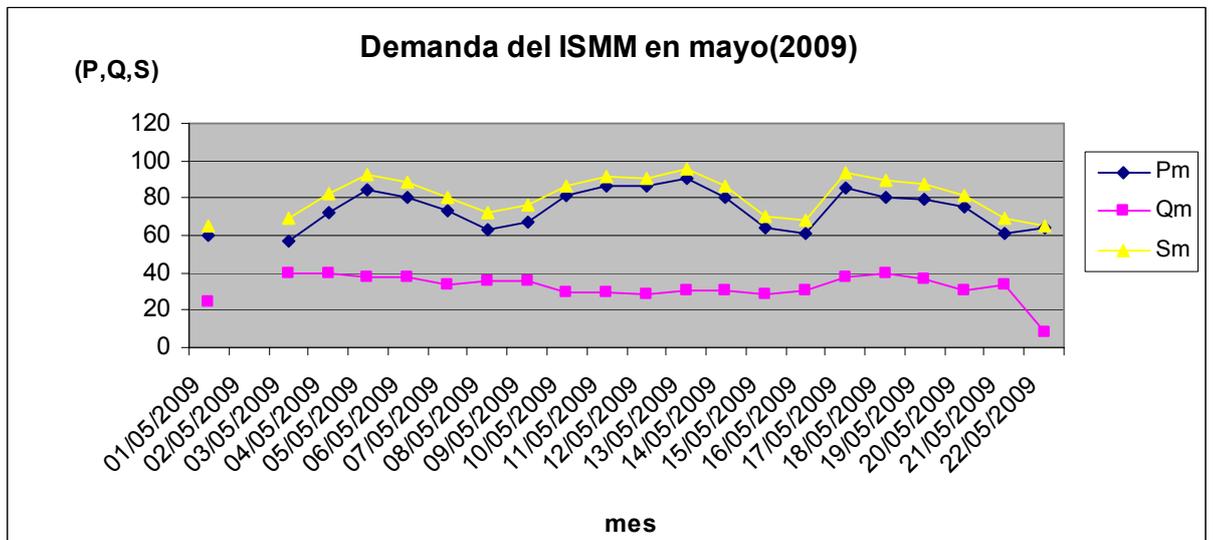
Anexo 28



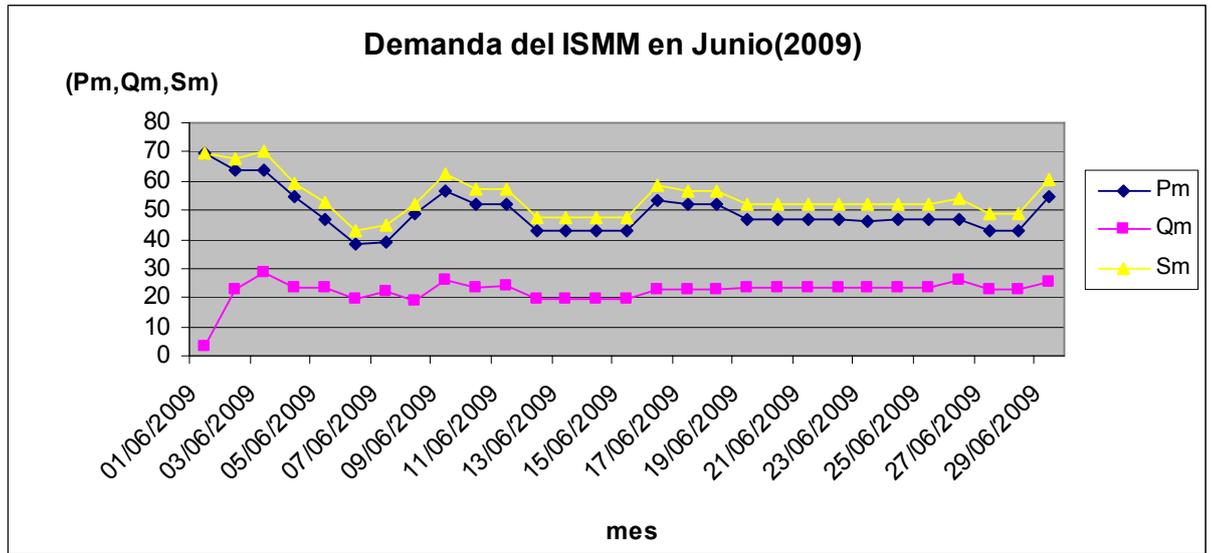
Anexo 29



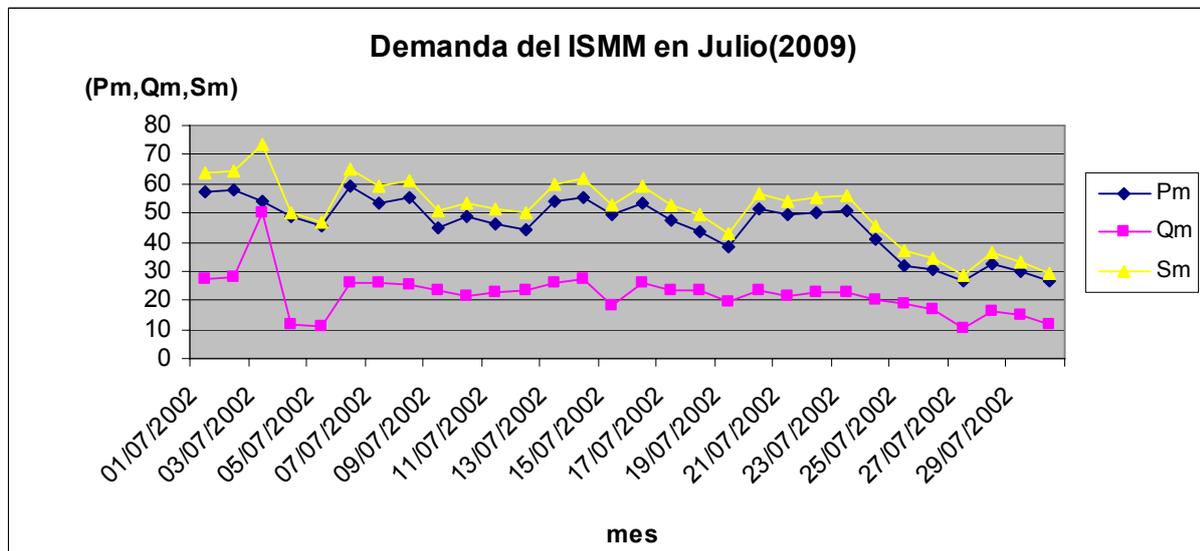
Anexo 30



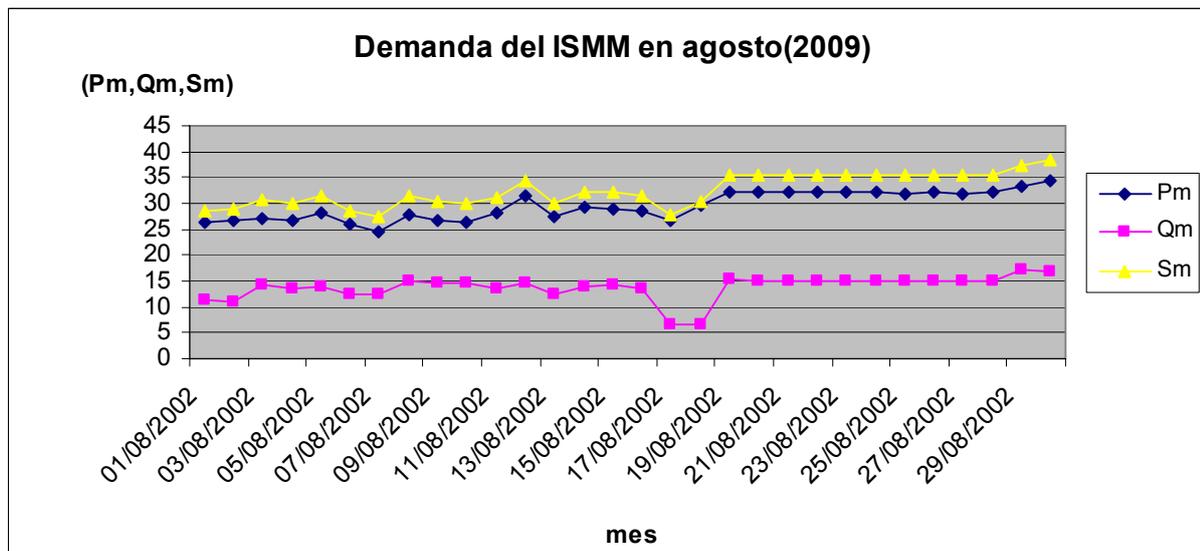
Anexo 31



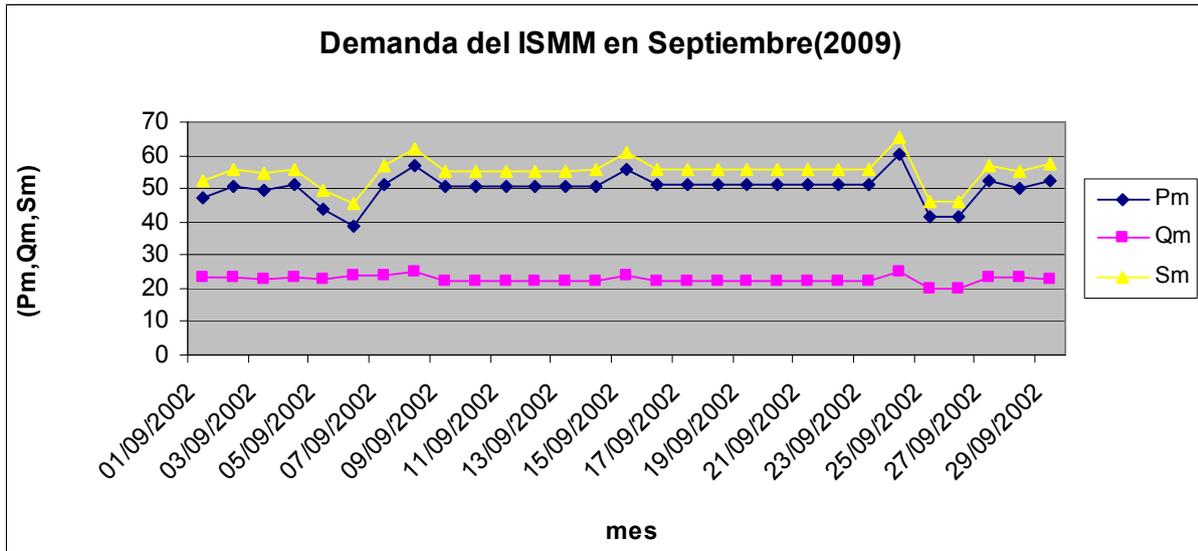
Anexo 32



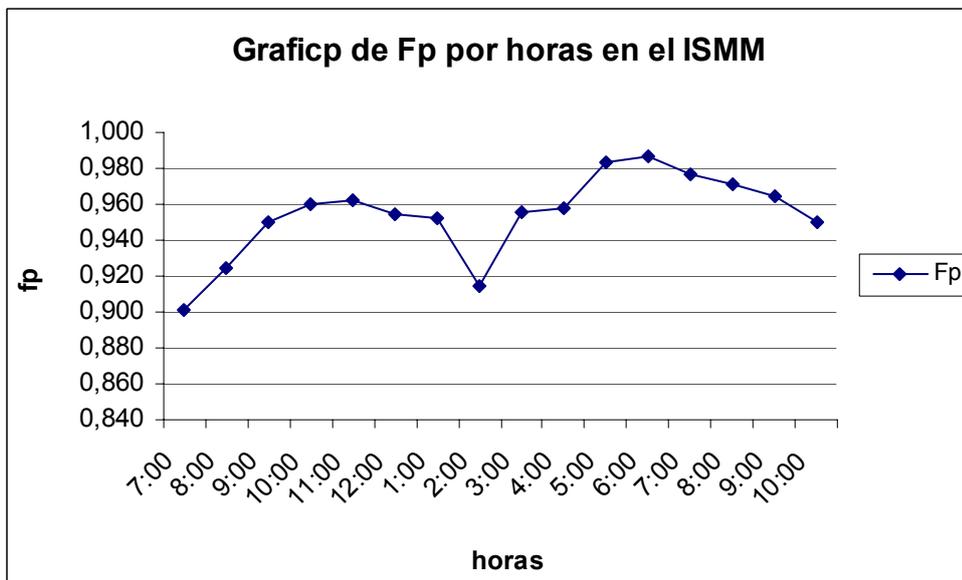
Anexo 33



Anexo 34



Anexo 35



Anexo 36

ISMM					
Consumo de energía mensual (MWh) por año					
Mes	Año2005	Año2006	Año2007	Año2008	Año2009
Enero	46,52	44,84	36,84	31,88	48,517
Febrero	47,52	46,8	39,56	38,58	42,48
Marzo	49,64	52,56	39,96	38,72	44,251
Abril	51,12	50,6	38,08	40,38	81,627
Mayo	48,92	45	40	36,54	50,245
Junio	49,72	39,76	48,96	60,002	34,306
Julio	39,2	33,52	41	56,111	33,029
Agosto	27,6	19,72	19,28	46,432	21,221

Reanimación del Sistema de Suministro Eléctrico en el ISMM

Septiembre	43,84	33,24	38,96	11,687	34,95
Octubre	49,56	39,6	45,12	45,087	37,797
Noviembre	49,48	45,8	41,32	39,906	37,088
Diciembre	48,88	39,36	37,68	57,755	32,663
Año	552	490,8	466,76	503,08	498,174

Anexo 37

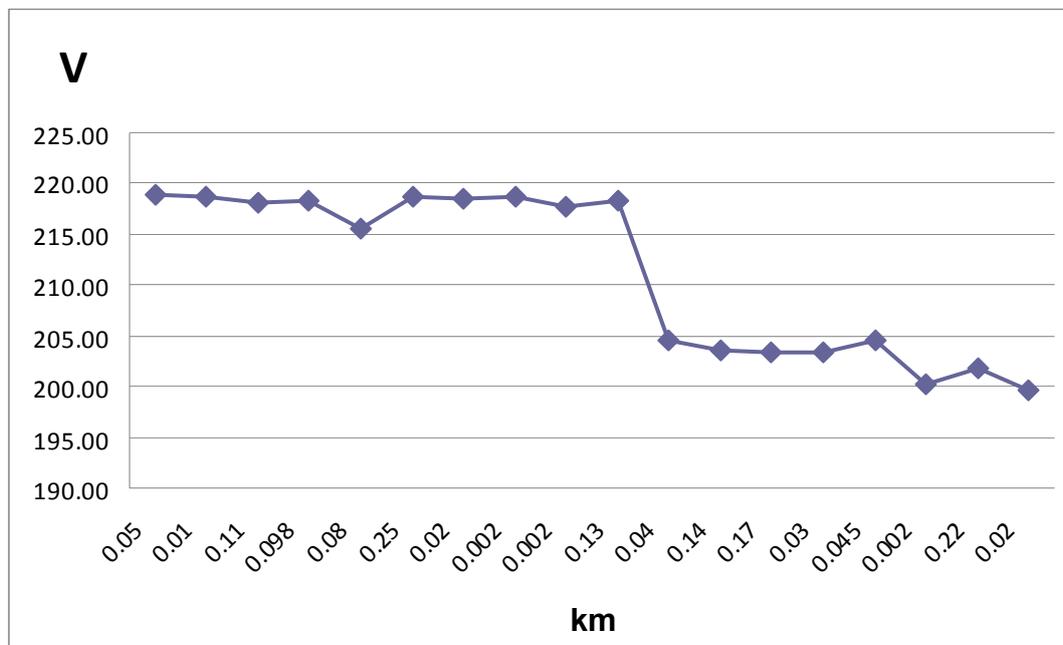


Panel general de la residencia

Anexo 38

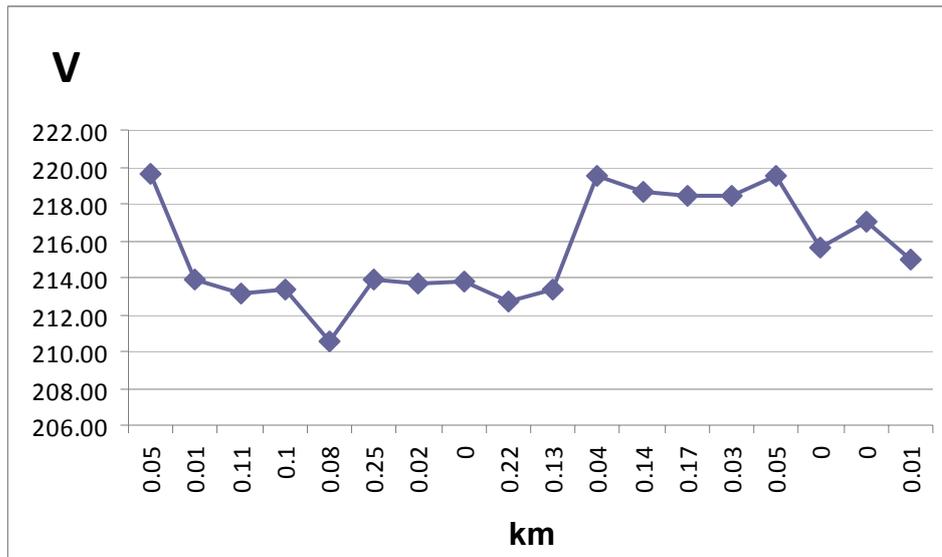
Abreviatura Empleada	
GR	Nodo General de Residencia
GD	Nodo General del Docente
GI	Nodo General del ISMM
T	Transformador
CC	Casa Compresores o Cocina Comedor en dependencia de la ubicación
CB	Casa Bomba
H	Hotelito
E	Edificio
R	Residencia

Anexo 39



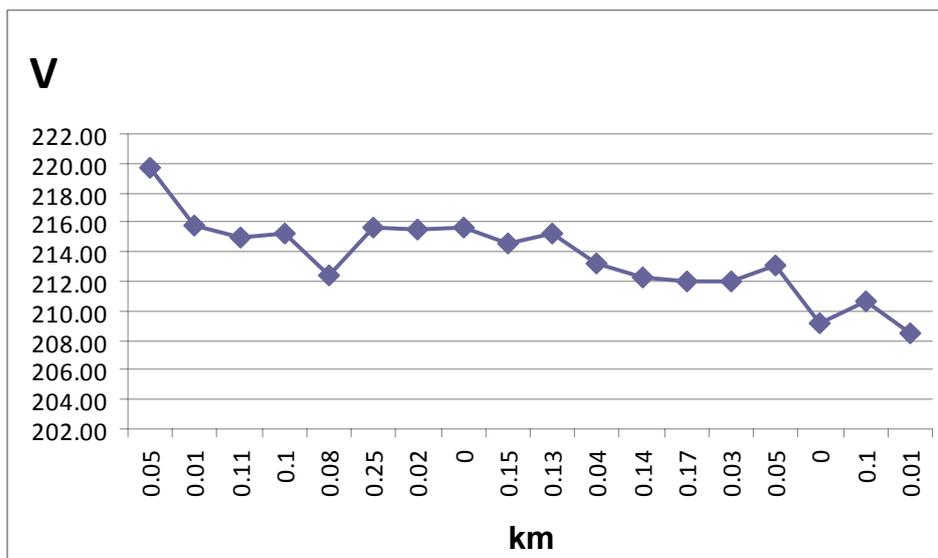
Comportamiento de las caídas de voltajes para la variante No.1

Anexo 40



Comportamiento de las caídas de voltajes para la variante No.2

Anexo 41



Comportamiento de las caídas de voltajes para la variante No.3