



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
MOA-HOLGUÍN

Trabajo de Diploma

En opción al Título de Ingeniero Eléctrico

Título: Evaluación del consumo de energía en el banco de transformadores Laboratorio del ISMM.

Autor: Mitúo Cortina Safonts.

Tutor: M.Sc. Yordan Guerrero Rojas.

Ing. Daniel Mendiola Ellis.

MOA-2013.



Declaración de autoridad

Yo: Mitúo Cortina Safonts

Autor de este trabajo de diploma titulado “Evaluación del consumo de energía en el banco de transformadores Docente del ISMM.” certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico “Dr. Antonio Núñez Jiménez” de Moa, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Mitúo Cortina Safonts
(Diplomarte)

Ing. Daniel Mendiola Ellis.
(Tutor)

M.Sc. Yordan Guerrero Rojas.
(Tutor)



Pensamiento



“Hemos encontrado, afortunadamente, algo más importante, el Ahorro de Energía, que es como encontrar un gran yacimiento”

Fidel, 5 de mayo Del 2006



Dedicatoria

- A mi abuela Isae Matsumoto Trujillo.
- A mi tía Ramona Cortina Matsumoto.
- A mi esposa Deyvis Mustelier Salomón.
- A mi papá Rafael Cortina Matsumoto.
- A mi hijo Toksumy Cortina Mustelier.
- A mi abuelo Ovis Baloy Cortina Valle.
- Especialmente a tres personas muy significativas en mi vida, las cuales son mi razón de ser: mi hijo Toksumi, mi abuelo Ovis Baloy, y mi amada abuelita Isae.



Agradecimientos

Agradezco a mi tía Ramona Cortina, por el inmenso amor que me ha dado todo el tiempo, por su apoyo maternal y cariño, por depositar en mí, toda la confianza del mundo.

A mi esposa Deivis Mustelier Salomón, por su exigencia constante y por su apoyo ayudándome a ser cada día mejor, por mantener en mí esa felicidad que me ayuda definitivamente a dar lo mejor cada día, y por su apoyo incondicional en todo momento.

A mi padre Rafael Cortina, por toda la ayuda que me brindó cuando lo necesite y por creer en mí.

A mi familia, por su educación, cariño, comprensión y ayuda en todos los momentos de mi vida.

A mi abuela Isae Matsumoto, que NUNCA dudó de mí, ni en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos los profesores del departamento que de una forma u otra me enseñaron a ser una mejor persona, al trasmitirme parte de sus conocimientos, con la profesionalidad y el entusiasmo que los caracteriza. Especialmente a Mendiola, Yordan y Luis Delfín, que con su sólida y magistral conducción han hecho posible que mi sueño se materialice hoy.

A mis amigos y compañeros por estar ahí cuando más los necesité, brindándome su apoyo y ayuda necesaria de forma incondicional.

A la Revolución Cubana por darme la oportunidad de superarme como profesional, con la única primicia de ser cada día más culto.



Resumen

En el presente trabajo se evalúa el comportamiento del consumo de energía eléctrica en el área docente del ISMM. Se realiza una búsqueda bibliográfica de trabajos precedentes realizados en el instituto y en otras instalaciones. Se exponen los fundamentos teóricos que sustentan el tema. También se analiza el estado actual del nuevo banco de transformadores. Se lleva a cabo la evaluación del comportamiento de las variables eléctricas y del plan de energía. Se realiza la evaluación del consumo de energía global y se proponen una serie de medidas que contribuirán a un consumo de energía racional ajustado al nuevo plan de energía.



Abstract

Presently work is evaluated the behavior of the electric energy consumption in the educational area of the ISMM. He/she is carried out a bibliographical search of precedent works carried out in the institute and in other facilities. The theoretical foundations are exposed that sustain the topic. The current state of the new bank of transformers is also analyzed. It is carried out the evaluation of the behavior of the electric variables and of the energy plan. He/she is carried out the evaluation of the global energy consumption and they intend a series of measures that you/they will contribute to an adjusted rational energy consumption to the new energy plan.



Índice

Introducción General	1
Situación Problemática.....	2
Problema.....	2
Hipótesis científica.....	3
Objeto de estudio.....	3
Campo de acción.....	3
Objetivo.....	3
Objetivos específicos.....	3
Tareas.....	3
Resultados esperados.....	4
CAPÍTULO 1. Marco Teórico Investigativo.....	5
1.1 Introducción	5
1.2 Análisis Bibliográfico	5
1.3 Fundamentación Teórica	10
1.3.1 Diagnóstico Energético	10
1.3.1.1 Objetivos de un diagnóstico energético.....	10
1.3.2 Diagnóstico energético de primer grado.....	10
1.3.3 Diagnóstico energético de segundo grado	11
1.3.4 Diagnóstico energético de tercer grado.....	11
1.4 Gestión Energética	12
1.4.1 Objetivos de la gestión energética	12
1.5 Generalidades sobre las funciones de la TGTEE	13
1.5.1 Las herramientas básicas fundamentales que se utilizarán son las siguientes:..	13
1.6 Transformadores de distribución	14
1.7 Aplicaciones de las conexiones de transformadores más utilizadas.	16
1.7.1 Análisis de las conexiones completas de transformadores monofásicos en bancos trifásicos.	19
1.8 Conclusiones	25
CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1 Introducción	26



2.2	Diseño de la investigación	26
2.3	Caracterización del banco Laboratorio.	27
2.3.1	Conexión de los transformadores del banco docente	28
2.3.2	Análisis de los principales paneles eléctricos del área docente	29
2.3.3	Descripción de los paneles principales del edificio (Docente 2).	30
2.3.4	Esquema mono lineal del sistema de distribución del área docente del ISMM. .	32
2.4	Equipos	33
2.4.1	Descripción de los equipos de medición utilizados	33
2.5	Métodos	35
2.5.1	Métodos de medición empleados.....	35
2.5.2	Método de cálculo de la corriente de cortocircuito para la selección de los dispositivos de protección (breaker).....	36
2.5.3	Análisis para la selección de conductores eléctricos.....	37
2.6	Conclusiones	39
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		40
3.1	Introducción	40
3.2	Evaluación del comportamiento de las potencias y del consumo de energía eléctrica en el área docente.	40
3.3	Determinación de la potencia instalada en el área docente.....	47
3.4	Propuestas de medidas para garantizar una explotación más racional del sistema con el ahorro energético	50
3.5	Medidas técnicas organizativas.	51
3.6	Valoración Económica.	52
3.7	Conclusiones.	55
Conclusiones Generales		56
Recomendaciones.....		57
Bibliografía.....		58
Anexos		100



Introducción General

Los cambios climáticos globales, asociados al incremento de gases de efecto invernadero en la atmósfera, y el aumento de los precios de la energía, hacen insostenible el modelo energético global actual y condicionan la necesidad de avanzar hacia un modelo de desarrollo energético sostenible.

En este sentido, la eficiencia energética juega un papel relevante en el corto y mediano plazo. El uso racional y eficiente de la energía disponible es una medida efectiva para contrarrestar el impacto de los costos energéticos y constituye la vía fundamental para reducir durante las próximas dos décadas las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

La experiencia demuestra que resultados de largo plazo en el desempeño energético únicamente se alcanzan a través de un proceso formal y estructurado de administración de la energía, y cuando este se convierte en parte de la estrategia de la organización.

La aplicación de un sistema de gestión energética, al igual que para otros sistemas como el de gestión de calidad, requiere de una guía que estandarice lo que hay que hacer para implementarlo, para mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor efectividad. (Cabello 2013).

Este enfoque es el que se presenta en la Norma Internacional ISO 50001, lanzada en junio de 2011 y adoptada íntegramente como norma cubana NC ISO 50001 en diciembre del propio año 2011.

La norma especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía a partir del cual la organización puede desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía.

El Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, está entre las primeras cien empresas más consumidoras de energía en la provincia Holguín, esto se debe a que la electricidad es empleada en la mayor parte de los procesos que se desarrollan en el ámbito universitario. La solución a la mayoría de los problemas



existentes relacionados con el consumo de energía eléctrica en el área del docente ha sido tratada en varios trabajos y aún persisten muchos de los problemas identificados.

El consumo de energía del área docente del ISMM en comparación con la residencia estudiantil es inferior, sin embargo posee el mayor peso desde el punto de vista del impacto que produce en la formación de los futuros ingenieros y licenciados del territorio y otros lugares del país y el mundo, tanto de pregrado como de posgrado. De modo que con este trabajo se propone dar continuidad a investigaciones anteriores y mantener la mejora continua de los mismos e ir introduciendo los principios de la norma ISO 50001.

Todo programa de ahorro de energía tiene como punto de partida, el conocimiento de los consumos y el estado energético de todos los equipos consumidores de energía de la instalación. Es por ello que resulta necesario, partir de esas características, su problemática de operación, la explotación de procesos y equipos además del conocimiento de los factores que inciden en los excesos de consumos y pérdidas de energía, con vista a su eliminación y establecer un control efectivo.

Situación Problemática.

Por la importancia económica y social que posee el ISMM es imprescindible tomar una serie de medidas que contribuyan a la disminución racional del consumo de energía. A raíz del cambio de tensión en el circuito que entrega la energía eléctrica a la universidad, se instala un nuevo banco de transformadores en el área docente. Este banco y la reconstrucción de un nuevo plan de energía, conllevan a que se analice el comportamiento de las variables eléctricas en los nodos principales de dicha área, para que sirva de base a las acciones a realizar en el futuro como argumentación técnica organizativa, logrando un resultado más eficiente en el ahorro y aprovechamiento energético.

Problema.

Insuficiente conocimiento sobre el comportamiento actual de las principales magnitudes del sistema eléctrico de distribución en el área docente del ISMM.



Hipótesis científica.

La continuidad del estudio del comportamiento de las principales magnitudes eléctricas en el sistema de distribución del área docente en el ISMM bajo nuevas condiciones, permitiría elaborar medidas que contribuyan a incrementar los índices de consumo de energía sin afectar las actividades docentes.

Objeto de estudio.

Sistema de distribución del banco Laboratorio.

Campo de acción.

Eficiencia energética.

Objetivo.

Evaluar el comportamiento del sistema de distribución eléctrico en el área docente, bajo nuevas condiciones.

Objetivos específicos.

- Caracterizar el sistema de distribución del banco de transformadores del área docente.
- Determinar mediante mediciones el consumo de energía y el comportamiento con respecto a los planes establecidos.
- Proponer nuevas medidas que contribuyan a un consumo de energía racional y acorde con las actividades que se desarrollan en el área.

Tareas.

- Revisión de trabajos precedentes.
- Evaluación del comportamiento de las principales magnitudes eléctricas en el punto de suministro de energía al área docente.
- Recopilación de información y datos.
- Procesamiento de la información.



- Elaboración del plan de medidas para ajuste de consumo al plan actual.

Resultados esperados.

- Informe con la correspondencia plan/real a partir de las medidas restrictivas que se dictaron por el Centro a partir de 2010.
- Determinación de los indicadores energéticos del área docente bajo las nuevas condiciones.
- Plan de medidas para llevar el consumo de electricidad de forma racional a las condiciones del nuevo plan de energía.



Capítulo 1

Marco Teórico Investigativo



CAPÍTULO 1. Marco Teórico Investigativo.

1.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo, realizar el análisis y revisión bibliográfica con relación al estado actual del consumo de energía eléctrica en el ISMM y otras instituciones, profundizándose el área del docente 2. Además se hará referencia a los trabajos desarrollados con el tema eficiencia energética, diagnóstico energético, indicadores y otros aspectos tratados en años anteriores con relación a la energía eléctrica.

1.2 Análisis Bibliográfico

Para la realización de este trabajo se parte del análisis de los resultados obtenidos de trabajos anteriores, con el objetivo de conocer cuánto se ha avanzado en el tema, así como tener una idea exacta de los logros alcanzados.

Con este tema (Figueroa 2002). Hace referencia a los diferentes portadores energéticos del centro y realiza un estudio para tratar de disminuir el consumo de estos portadores a través de varias medidas dictadas, estableciendo un control y monitoreo de estos a partir de las condiciones actuales del país.

Relacionado con el tema (Lobaina 2003). Realizó un estudio de los diferentes portadores energéticos en las empresas René Ramos Latour, Empresa Forestal Integral Mayarí y el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, con vista a comprobar la forma de control de estos portadores como Sistema de Gestión Energética y contribuir así al uso racional de estos.

Estos estudios en su momento han sido de gran importancia para el ISMMM, ya que mostraron buenos resultados con respecto a los indicadores energéticos, en el caso de (Figueroa 2002), mostró resultados excelentes que motivaron a continuar el estudio de los indicadores y (Lobaina 2003) le faltó determinar una serie de medidas, con vista a mejorar el ahorro de la energía eléctrica en el ISMM.



(Pérez 2003). Realizó un análisis en cuanto a conexiones de transformadores, tanto completa como incompleta; profundizándose en las conexiones Y/V y Δ/V y deteniéndose en la conexión incompleta Y/V sólidamente aterrada. Se hace una caracterización del Sistema de distribución al ISMM en cuanto a cantidad de bancos y conexiones que presentan, distribución de las cargas por bloque de distribución, además de realizar un estudio detallado del banco del bloque docente en el cual se incluyen los cálculos de las tensiones de líneas, diagramas vectoriales, influencias en la red primaria, estado de carga de cada transformador e influencia de la desigualdad de las unidades.

En (Pérez 2006) se realizó un análisis para evaluar el sistema de gestión energética del ISMM y definir los indicadores de consumos de energía eléctrica y agua por actividad. En esta investigación se obtuvieron buenos resultados como es la determinación de las pérdidas anuales de energía para el banco de transformadores docente, propone cambios e instalaciones de protecciones en las pizarras, además de establecer el control de la carga instalada en función de la capacidad de los bancos de transformadores. A pesar de los resultados obtenidos en esta investigación, no se realizó un análisis profundo en lo que respecta al funcionamiento del banco de transformadores del área docente en particular y no se detectaron los principales problemas existentes en los paneles y en las redes.

(Pérez & Torres 2006). En el trabajo se muestran los resultados obtenidos durante el diagnóstico realizado en el ISMM, con vista a la implantación de un sistema de gestión energética. Se hace una evaluación de los consumos históricos de portadores energéticos y los indicadores de consumo, donde se profundiza en los consumos y pérdidas de energía eléctrica y agua por ser estos los portadores de mayor peso. Se cuantifica el valor de estas pérdidas y se proponen un conjunto de medidas con vista a la mejora de la eficiencia energética y la reducción del costo por estudiante.

En este trabajo se mostraron buenos resultados, pero le faltó realizar un estudio sobre el comportamiento de las magnitudes eléctricas del ISMM.

En (Barrera 2008) se realizó un diagnóstico energético ambiental del ISMM, los resultados obtenidos en esta investigación plantean que a partir del análisis realizado al sistema de alimentación eléctrico del ISMM y en lo correspondiente al banco de transformadores del



bloque docente se obtuvieron excelentes resultados al analizar el estado de carga, se determinó que el transformador que brinda servicio monofásico se encontraba sobrecargado y el de servicio trifásico subcargado. Se determinó el comportamiento de las principales magnitudes del banco como son de P, Q y S, además de establecer el horario de las 9:00 AM como el de mayor consumo en el área docente. No se determinó el comportamiento de la demanda real de cada área (edificios y locales), además de los gráficos de carga, no se presentó un documento donde se plasmen los principales problemas que pueden presentarse con el tipo de conexión del banco de transformadores y propuestas de medidas para la solución de estos problemas.

En (Sáez 2008), se realizó un estudio donde se ponen de manifiesto las diferencias, en relación con la eficiencia energética, en el área de Latinoamérica, a partir del análisis de las publicaciones de las diferentes fuentes dedicadas a presentar estos estudios, resumiendo el estado actual de la problemática en el área y elaborándose las posibles tendencias futuras.

En (Barrera 2008) el autor elabora un procedimiento para el análisis y diseño de sistemas de iluminación en la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos, a partir de la integración de criterios técnicos, económicos y energéticos, además de proponer el diseño de los sistemas de iluminación de la entidad donde radica.

Por último, en (Fernández 2008) se realizó un estudio y aplicación de los principales métodos de pronóstico de consumo de energía eléctrica utilizando los métodos tradicionales y los más novedosos, que fueron el análisis de series temporales con los métodos de Box-Jenkins (ARIMA) y con el uso de la inteligencia artificial, empleando elemento de comparación el EMC (Error Medio Cuadrático) y como fuente de datos se tomaron, los últimos 10 cursos en la Universidad de Cienfuegos.

En este trabajo se mostraron buenos resultados, pero le faltó realizar un estudio sobre el comportamiento de las magnitudes eléctricas del resto del ISMM.

También hizo referencia sobre el tema, en su trabajo, pero en el área de residencia (Prieto 2008), realizando el levantamiento de carga para conocer la potencia instalada por área, la



actualización del esquema monolineal del sistema, así como la evaluación del comportamiento del consumo de energía, las corrientes, potencias y tensiones en el punto principal de suministro del área de residencia estudiantil. Esto se hizo para diferentes escalas de tiempo (horario, diario, mensual y anual).

En (Pacheco 2009) se realizó un análisis integral sobre el uso de transformadores monofásicos para el servicio combinado en el bloque docente del ISMM. Es un excelente trabajo, ya que es el más completo realizado hasta el momento. En la investigación se logró determinar las causas que provocan el funcionamiento ineficiente del banco docente, y se evaluaron las vías para solucionarlo. A pesar de los excelentes resultados obtenidos, no se trabajó en función de la reelaboración de los esquemas monolineales actualizados de las distintas áreas, no se presentó un procedimiento para el control del consumo energético de cada área independiente, y no se detectó el consumo energético de cada área (edificio) en el bloque docente.

Relacionado con este tema Diagnóstico Energético (González 2009). Determinó la potencia instalada en el área de la residencia y realizó un análisis del comportamiento de las corrientes y tensiones en cada edificio y en general. Se determinó el esquema monolineal del sistema y se plantearon una serie de medidas con vista a garantizar una explotación más racional del sistema eléctrico del área de la residencia, con el ahorro energético.

En ese mismo año (Soler 2009) en celebración del XVIII Fórum Científico Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias y Técnicas, presentó un trabajo, que hacía referencia al 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, está 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, elaborándose un plan de medidas que permitiera la reducción del consumo general.

En (Guardiola 2010), se plantea que a partir del año 2006, con la Revolución Energética el centro tuvo un mejor desempeño con respecto al consumo de energía, por lo que se continuaron con los estudios precedentes al tema anterior.

En (Guardiola 2010), se determinó la potencia instalada en el área docente y realizó un análisis del comportamiento de las variables eléctricas en cada edificio del docente. Se determinó el esquema monolineal del sistema y se plantearon una serie de medidas con vista de garantizar una explotación más racional del sistema eléctrico del área, con el ahorro energético bajo condiciones de restricción de energía.

Estos trabajos realizados en las áreas de residencia y docente dieron solución a gran parte de los problemas existentes en el centro, sin embargo, le faltaron aspectos por limar. En el caso de la investigación de (Pacheco 2008), no se completó el levantamiento de carga de los edificios (3 y 4) en área del docente y por otra parte el compañero (Prieto 2008), que no tuvo en cuenta una serie de problemas que afectan el ahorro de energía en la residencia estudiantil, como fueron las muy malas condiciones del cableado, las mediciones a la bomba de agua y a la cámara fría.

Los estudios relacionados con el tema Indicadores Energéticos, en el ISMM de Moa, han obtenido un buen desempeño, ya que se han logrado identificar los de mayor peso en cada área del centro, sin embargo, todavía se le sigue dando continuidad a su comportamiento con respecto al consumo de energía eléctrica.

En general los trabajos que hacen referencia al consumo de energía eléctrica en el ISMM, todos desarrollaron excelentes conocimientos acerca del tema estudiado, además de resolver una serie de problemas que se presentaban en el centro. Algunos de los trabajos llegaron a la propuesta de tomar medidas para mejorar el ahorro de energía en estas áreas debido a que son una de las más consumidoras del instituto.



1.3 Fundamentación Teórica

1.3.1 Diagnóstico Energético

Definición: Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuánta es desperdiciada.

1.3.1.1 Objetivos de un diagnóstico energético

1. Establecer metas de ahorro de energía.
2. Diseñar y aplicar un sistema integral para el ahorro de energía.
3. Evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía.
4. Disminuir el consumo de energía, sin afectar los niveles de producción.

1.3.2 Diagnóstico energético de primer grado

Mediante los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación; así como, el análisis de información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustibles. Al realizar este tipo de diagnóstico se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicios de energía, tales como, falta de aislamiento o purgas; asimismo se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y corrección del factor de potencia. Cabe recalcar que en este tipo de estudio no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso de la energía, sino precisar medidas de aplicación inmediata.



1.3.3 Diagnóstico energético de segundo grado

Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso, como son los motores eléctricos y los equipos que éstos accionan, “así” como aquellos para comprensión y bombeo, los que integran el área de servicios auxiliares entre otros. La aplicación de este tipo de diagnóstico requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y consumos específicos de energía.

En (Guardiola 2010) la información obtenida directamente en campo se compara con la de diseño, con objeto de obtener las variaciones de eficiencia. El primer paso, es detectar las desviaciones entre las condiciones de operación actuales con las del diseño, para así, jerarquizar el orden de análisis de cada equipo proceso. El paso siguiente es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo en estudio. Los balances de materia y energía, los planos unifilares, actualizados, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño, complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales y así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía.

Finalmente, se debe evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo, tomando en consideración que se deben pagar con los ahorros que se tengan y en ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

1.3.4 Diagnóstico energético de tercer grado

Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipo especializado de medición y control. Debe realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería. En estos diagnósticos, es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. Además de que facilitan la evaluación de los efectos de cambio de condiciones de operación y modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como



de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes. Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos, procesos e incluso de las tecnologías utilizadas. Además, debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa, en cuanto al período de recuperación de la inversión.

1.4 Gestión Energética

Es un conjunto de acciones técnico-organizativas para administrar eficientemente la energía, que aplicadas de forma continua, con la filosofía de gestión total de la calidad, permiten establecer nuevos hábitos de dirección, control y evaluación del uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de conservación de la energía y de reducción de sus costos.

La gestión energética va encaminada a lograr un uso más racional de la energía, que permita reducir el consumo de la misma sin perjuicios del confort, productividad, calidad de los servicios y sin deteriorar el nivel de vida. Puede considerarse como el mejor de los caminos para conseguir los objetivos de ahorro de energía, ya sea desde el punto de vista de la propia empresa, como a nivel nacional.

En la implementación de una Gestión Energética suelen presentarse una serie de dificultades que pueden ser en general, la insuficiente especialización del personal técnico y la falta de conciencia de ahorro. Es de vital importancia y necesario que técnicos y operarios desarrollen un nivel de pertenencia del trabajo a realizar y aptitudes encaminadas a la búsqueda y puesta en práctica de nuevas soluciones, así como un buen nivel de conocimiento de estos, para una satisfactoria asimilación de la tecnología. (Sánchez 2003).

1.4.1 Objetivos de la gestión energética

El objetivo fundamental de la gestión energética es sacar el mayor rendimiento posible a las cantidades de energía que necesita. Dentro de esta idea el sistema de gestión habrá de responder a determinadas funciones, que tendrán que implementarse en relación con los



servicios de la empresa. En un sentido más amplio puede ser la comprensión de la elección de las fuentes de energía, las negociaciones con los suministradores y el control de los suministros, almacenamiento y distribución. (Campos 1998).

1.5 Generalidades sobre las funciones de la TGTEE

La Tecnología para lograr la Eficiencia Energética permite, a diferencia de las medidas aisladas, abordar el problema en su máxima profundidad, con concepto de sistema, de forma ininterrumpida y creando una cultura técnica que permite el auto desarrollo de la competencia alcanzada por la empresa y sus recursos humanos. La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía consiste en un paquete de procedimientos, herramientas y programas especializados, que aplicadas de forma continua, con la filosofía de la gestión total de la calidad, permiten establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro y conservación de la energía y a la reducción de los costos energéticos y la contaminación ambiental asociada en una empresa. Su objetivo no es sólo diagnosticar y dejar un programa, sino que persigue, elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa y reducir sus costos energéticos.

1.5.1 Las herramientas básicas fundamentales que se utilizarán son las siguientes:

Diagrama de Pareto: Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña, en unidades y en porcentaje. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

Histograma: Es una representación gráfica de la distribución de uno o varios factores que se confecciona mediante la representación de las medidas u observaciones agrupadas en una escala sobre el eje vertical. Generalmente se presenta en forma de barras o rectángulos cuyas bases son dadas por los intervalos de clases y las alturas por las



frecuencias de aparición de las mismas. Las marcas en la escala horizontal pueden ser los valores límites reales o valores arbitrarios claves. Este diagrama es definido como “distribución normal”. La distribución normal es aquella que descubre la variabilidad de un hecho cuando interviene solamente la aleatoriedad.

Gráficos de cargas: Son aquellos gráficos que permiten la representación del consumo de las cargas en el tiempo. Pueden ser: individuales o en grupo, continuos o escalonados, diarios, mensuales o anuales.

Estudio de cargas: Un estudio de cargas es la determinación de la tensión, intensidad, potencia y factor de potencia o potencia reactiva en varios puntos de una red eléctrica, en condiciones normales de funcionamiento.

Todas estas herramientas a utilizar en la investigación permiten conocer el comportamiento del estado de los indicadores energéticos de la entidad, donde el índice de consumo específico de combustible es el parámetro energético principal.

1.6 Transformadores de distribución

El continuo crecimiento de las cargas que demandan energía eléctrica para su operación, impone la necesidad de incrementar ininterrumpidamente el suministro de dicha energía. Su generación se lleva a cabo en las plantas generadoras a un nivel de tensión moderado. Como se sabe, la transmisión de esta energía a grandes distancias obliga a emplear voltajes elevados, mientras que su utilización debe realizarse necesariamente a valores reducidos de tensión, que no ofrezcan peligro para el consumidor, y es aquí donde el transformador juega su importante papel.

La reducción final de la tensión a los valores de utilización para el consumo residencial se lleva a cabo mediante los transformadores de distribución, los que tienen relativamente poca potencia (5, 10, 50, 75 y 100 kVA) y se conectan a líneas de distribución primaria (4.16 ó 13.2 kV), mientras por el lado de baja, son generalmente de 240 V. Para los transformadores de distribución monofásicos el lado de baja tiene una conexión central de la cual se obtiene 120 V.



Existen consumidores tanto monofásicos como trifásicos; por lo que se hace necesaria la conexión en banco trifásico. Un transformador trifásico consta de tres transformadores monofásicos, bien separados o combinados sobre un núcleo. Los primarios y secundarios de cualquier transformador trifásico pueden conectarse independientemente en estrella (Y) o en delta (Δ). Esto da lugar a cuatro conexiones posibles para un transformador trifásico.

- ❖ Conexión estrella (Y) – estrella(Y)
- ❖ Conexión estrella (Y) – delta (Δ)
- ❖ Conexión delta (Δ) – estrella (Y)
- ❖ Conexión delta (Δ) – delta (Δ)

Los transformadores de distribución trifásicos se emplean abundantemente en las redes subterráneas de las ciudades, considerando el menor espacio necesitado por él en la cavidad subterránea, su alto rendimiento y su menor costo inicial. Para redes aéreas (montaje para poste o plataforma), tres unidades monofásicas resultan más convenientes, por la fácil suspensión y montaje de las pequeñas unidades.

La conexión a seleccionar por el primario de estos bancos depende del nivel de tensión del circuito, tal como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Conexión del primario de un transformador de acuerdo al nivel de tensión.

Nivel de tensión (kV)	Conexión de los primarios
2.4	Delta
4.16	Estrella
7.2	Delta
7.6	Delta
13.2	Estrella
34.5	Estrella

La tensión de los secundarios viene determinada por las tensiones que solicite el consumidor:

Tabla 1.2 Conexión del secundario de acuerdo al nivel de tensión.

Servicio solicitado (V)	Conexión de los secundarios
120/240	Delta o delta abierta ambos con derivación central
110/220	Delta con derivación central
120/208	Estrella
127/220	Estrella

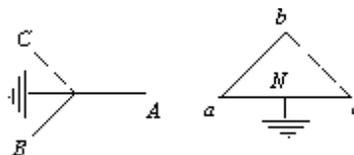
Para determinar la capacidad de los transformadores del banco es necesaria la demanda máxima en kVA monofásico y trifásico del consumidor o en su efecto, conocer los kVA instalados monofásicos y trifásicos del consumidor.

1.7 Aplicaciones de las conexiones de transformadores más utilizadas.

Conexión estrella abierta – delta abierta:

Cuando existen grandes cargas monofásicas y pequeñas cargas trifásicas. Las cargas monofásicas de 240V como máquinas de soldar, motores, calentadores, etc., se conectarán en el transformador de fuerza a-b (Figura.1.1) y toda la carga monofásica de alumbrado de 120V en el transformador con derivación central a-c (ver Figura.1.1).

Este transformador con derivación central se denomina comúnmente por los obreros y técnicos eléctricos como transformador de alumbrado.

**Figura.1.1. Conexión estrella abierta-delta abierta.**

La limitación fundamental que posee esta conexión es su ineficiencia si predomina la carga trifásica, por lo que debe cumplirse el siguiente criterio para su selección.



Esta conexión se utilizará cuando el cociente de dividir los kVA monofásicos entre los trifásicos sea menor que tres, y los kVA monofásicos sean menor que 100 kVA.

La distribución entre los dos transformadores se efectuará de la forma siguiente:

El transformador de alumbrado llevará toda la carga de alumbrado de 110V más el 58% de la carga trifásica y el transformador de fuerza llevará la carga monofásica de 240V y el 42% de la carga trifásica.

Conexión estrella no aterrada – delta: Cuando existen altas cargas trifásicas y bajas cargas monofásicas (Figura.1.2)

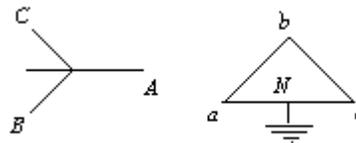


Figura.1.2 Conexión estrella no aterrada- delta.

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.

La distribución de la carga en los transformadores será: El transformador de alumbrado llevará el 33% de la carga trifásica y el 67% de la carga monofásica y los de fuerza llevarán cada uno el 33%, es decir, el 67% de la carga de fuerza y entre los dos el 33% de la carga de alumbrado.

Conexión estrella aterrada - estrella aterrada:

Cuando existen grandes cargas de alumbrado y de fuerza como en áreas comerciales, industriales, etc. (Figura.1.3)

Las limitaciones son: precisa de un aterramiento sólido y de baja resistencia y genera algunas interferencias telefónicas.



La distribución de las cargas monofásicas es simétrica, es decir, 1/3 de la carga por fase.

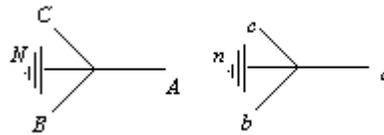


Figura.1.3 Conexión estrella aterrada- estrella aterrada.

Conexión delta abierta- delta abierta:

Cuando existen grandes cargas monofásicas y cargas trifásicas iguales o menores a las monofásicas (Figura. 1.4).

Limitación: no es eficiente su aplicación con cargas trifásicas solamente.

La distribución de las cargas es conectando las cargas monofásicas de 220V al transformador de fuerza y las monofásicas de 110V al de alumbrado.

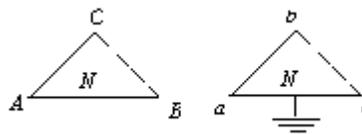


Figura.1.4 Conexión delta abierta- delta abierta.

Conexión delta – delta:

Cuando existen grandes cargas trifásicas con pequeñas cargas monofásicas y no se desea interferencia en el sistema telefónico (Figura. 1.5).

Las limitaciones fundamentales es que todos los transformadores deben de tener la misma impedancia y el mismo rango de regulación de tensión para que no se produzcan corrientes circulantes en este.



La distribución de la carga es de la manera siguiente: el transformador de alumbrado lleva las 2/3 partes de la carga monofásica y 1/3 de la de fuerza, los otros dos transformadores de fuerza llevan 1/3 de la carga trifásica y 1/3 del alumbrado.

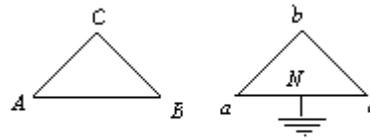


Fig.1.5 Conexión delta-delta

Conexión delta- estrella:

Cuando existen grandes cargas de alumbrado y de fuerza en zonas industriales y comerciales (Figura.1.6).

La limitación fundamental es que si se daña un transformador, el banco no puede prestar servicio trifásico.

La distribución de las cargas se balancea entre las tres fases.

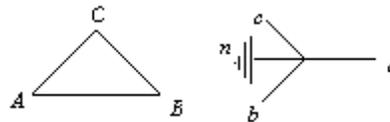


Figura. 1.6 Conexión delta- estrella.

Para un mejor criterio de selección se analizarán algunas de las conexiones más utilizadas:

1.7.1 Análisis de las conexiones completas de transformadores monofásicos en bancos trifásicos.

Conexión Y-Y con o sin neutro:

En la Figura.1.7 se muestran tres transformadores conectados en Y-Y sin neutro.

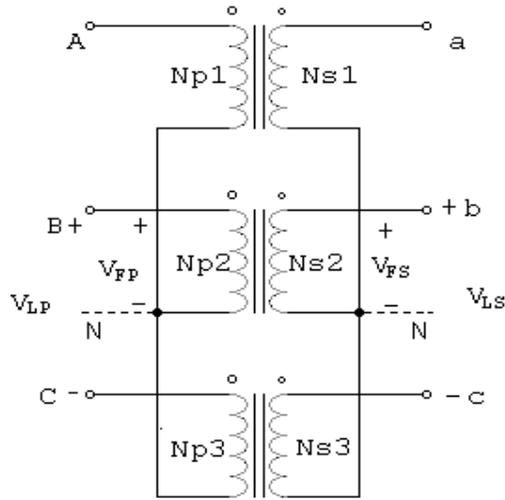


Figura. 1.7 Conexión Y/Y (el neutro aparece con líneas discontinuas).

La corriente en cada devanado del transformador es la misma que la de la línea, y la tensión a la que está sometido cada devanado es igual a la tensión de la línea dividida por $\sqrt{3}$, o sea, la tensión de la línea por 0.58. La potencia en kVA de cada transformador deberá ser igual a un tercio de la carga total en kVA que debe suministrar. La potencia total en kVA transmitida por una línea trifásica equilibrada es igual a $\sqrt{3} \cdot I \cdot U$ (donde I es la corriente en cada uno de los hilos de la línea y U es la tensión entre los hilos). donde la potencia de cada transformador en kVA será:

$$\frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot U}{3} = 0.58 \cdot I \cdot U \quad (1.1)$$

La conexión Y-Y sin neutro es muy poco empleada.

En la Figura.1.7 se muestra el mismo acoplamiento con la variante de que los circuitos primario y secundario son con neutro (este aparece con líneas discontinuas), de este modo en un circuito primario y secundario a cuatro hilos, se recomienda que cada terminal de la derecha de los primarios se conecte a la línea y que cada terminal de la izquierda sea conectado al neutro, o viceversa.



Los transformadores conectados en Y-Y presentan, en su tensión secundaria, una tercera armónica muy marcada en su tensión secundaria. Esta tensión producirá el paso de una considerable corriente de carga, de las líneas a tierra, resultando con ello disturbios inductivos. Para eliminar este efecto, los transformadores conectados de esta manera deberán ir provistos en cada fase de un devanado secundario auxiliar, llamado devanado terciario, los cuales están conectados en triángulo cerrado. Algunas veces el devanado terciario, al mismo tiempo que procura la corrección del tercer armónico, también se emplea para el suministro de alguna carga activa.

La conexión Y-Y₁₂ con neutro se emplea en los casos en que la carga, sea de naturaleza mixta alumbrado-energía. Los motores se conectan para una tensión de línea de 220V o 380V, mientras las lámparas se conectan entre uno de los conductores de la línea y el hilo neutro, es decir, en paralelo con la tensión:

$$\frac{220}{\sqrt{3}} = 127V \quad \text{ó} \quad \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

Como una tensión, dada la corriente, aumenta proporcionalmente a la potencia, para evitar las dificultades que presenta la disposición del devanado para grandes corrientes, la norma 401-41 (URSS) restringe la máxima potencia del transformador en el caso de la conexión Y-Y₁₂ dentro de la tabla 1.3. En este caso si la carga es irregular, la corriente en el hilo neutro del transformador puede exceder el 25% de la corriente nominal del devanado de baja tensión.

En los casos en que la tensión nominal del secundario excede de 4000V, la norma 401-41 estipula el uso de la conexión de enrollados Y-Δ₁₁. Como se puede deducir de lo que exponemos a continuación, la conexión en Δ de uno de los devanados repercute favorablemente en las condiciones del funcionamiento del transformador.

El último grupo de transformadores reseñado en la tabla 1.3 pertenece principalmente a las líneas de transporte de energía. La conexión del enrollado de estos transformadores por el método Y₀-Δ₁₁ hace posible la puesta a tierra del sistema del lado de alta tensión.

**Tabla 1.3 Tensiones y potencias de los transformadores con diversas conexiones de los enrollados.**

Símbolos de conexión del enrollado	Tensión del enrollado		Potencia del transformador kVA
	Alta tensión kVA	Baja tensión V	
Y/Y ₀₋₁₂	Hasta 35 (inclusive) Ídem	230 400	Hasta 560 (inclusive) Hasta 1.800 (inclusive)
Y/Δ ₋₁₁	Hasta 35 (inclusive)	525 Más de 525	Hasta 1.800 (inclusive) Hasta 5.600 (inclusive)
Y ₀ /Δ ₋₁₁	110 y más alta 6,3 y más alta	3.150 y más alta 3.300 y más alta	3.200 y más alta 7.500 y más alta

Conexión Δ- Δ.

En la Figura.1.8 se muestran tres transformadores monofásicos conectados en banco Δ-Δ. En esta conexión no existe la posibilidad de un neutro simétrico como en el caso anterior, siendo las tensiones de línea a línea las que aparecen entre los terminales de cada transformador monofásico.

Los tres transformadores están conectados en serie en un circuito cerrado, y cada hilo de la línea se conecta a la conexión entre dos de los transformadores. Las tensiones del transformador, tanto del primario como del secundario, son respectivamente las tensiones de las líneas primaria y secundaria. La corriente en cualquier enrollado es igual a la de la línea sobre $\sqrt{3}$, o multiplicado por 0.58. La potencia en kVA de cada transformador deberá ser igual a un tercio de la potencia total en kVA transmitida por una línea trifásica equilibrada, igual a $1.73 \cdot I \cdot U$ (donde I es la intensidad de corriente de la línea en cada uno de sus conductores y U es la tensión entre hilos), de donde la potencia en kVA de cada

transformador deberá ser $\frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot U}{3} = 0.58 \cdot I \cdot U$.

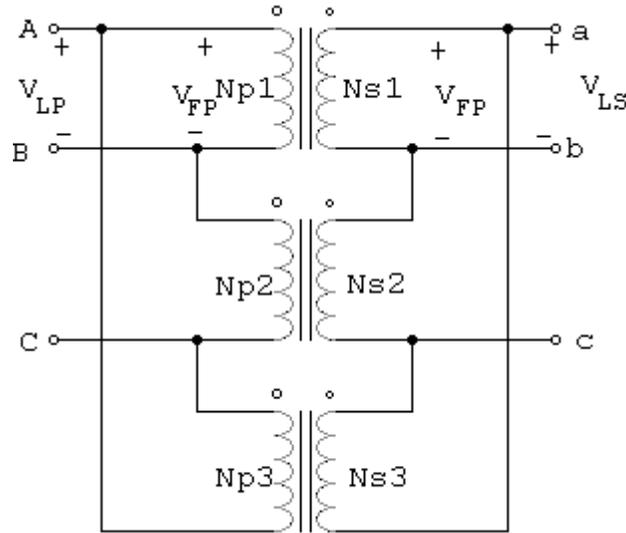


Figura. 1.8 Conexión Delta – Delta.

En Cuba, en ocasiones, la energía eléctrica se distribuye con bancos de transformadores en delta, con una derivación a tierra como se muestra en la Figura. 1.9 para obtener tensión monofásica en el mismo sistema. En estos casos, la potencia o energía que entrega el banco, se puede medir por medio del esquema representado en la Figura. 1.9; donde:

$$P = P_{w1} + P_{w2} + P_{w3} \quad (1.2)$$

$$P = U_{10} \cdot I_1 \cdot \cos \beta_1 + U_{20} \cdot (I_2 \cdot \cos \beta_2 + I_{20} \cdot \cos \beta_{20}) + U_{30} \cdot (I_3 \cdot \cos \beta_3 + I_{30} \cdot \cos \beta_{30}) \quad (1.3)$$

$$P = U_{10} \cdot I_1 \cdot \cos \beta_1 + U_{20} \cdot (I_2 \cdot \cos \beta_2 + I_{20} \cdot \cos \beta_{20}) + U_{30} \cdot (I_3 \cdot \cos \beta_3 + I_{30} \cdot \cos \beta_{30}) \quad (1.4)$$

donde:

$$I_1 \cdot \cos \beta_1 = I_{12} \cos(30 - \phi_{12}) - I_{31} \cos(150 - \phi_{31}) \quad (1.5)$$

$$I_2 \cdot \cos \beta_2 = I_{23} \cos \phi_{23} - I_{12} \cos(120 - \phi_{12}) \quad (1.6)$$

$$I_3 \cdot \cos \beta_3 = I_{31} \cos(60 - \phi_{31}) - I_{23} \cos(180 + \phi_{23}) \quad (1.7)$$

$$U_{23} = U_{20} = \frac{U_f}{2}; U_{10} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot U_f$$



Sustituyendo y realizando todas las operaciones necesarias, se obtiene:

$$P = \frac{U_f}{2} \cdot (2 \cdot I_{12} \cdot \cos \phi_{12} + 2 \cdot I_{23} \cdot \cos \phi_{23} + 2 \cdot I_{31} \cdot \cos \phi_{31} + I_{20} \cdot \cos \phi_{20} + I_{30} \cdot \cos \phi_{30}) \quad (1.8)$$

Lo que demuestra, que la suma de la indicación de los tres wattímetros es igual a la potencia total que entrega el banco de transformadores. En la figura 1.9 se muestra el circuito de conexión de estos instrumentos.

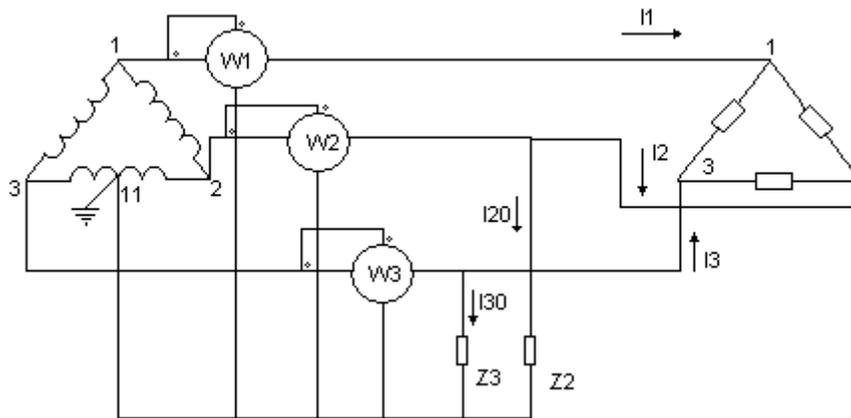


Figura 1.9 Esquema para medir potencia en circuitos de distribución.



1.8 Conclusiones

- El análisis bibliográfico abordó una amplia información sobre todos los temas expuestos en el capítulo, observándose que existe una abundante bibliografía relacionada con el tema de la investigación, además de mostrar los criterios y aportes de los autores mencionados.
- En sentido general las bibliografías expuestas, brindan muy poco contenido sobre el tema estudiado, destacándose que existe una fuerte fundamentación teórica para enfrentar el método de estudio de la investigación.



Capítulo 2

Materiales y Métodos



CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Introducción

Este capítulo tiene como objetivo el estudio del sistema de distribución del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, partiendo primeramente del diseño de la investigación. Para esto se tendrán en cuenta los equipos y métodos de medición empleados y también se hará un análisis del lugar donde se encuentran los paneles eléctricos y para la selección de conductores eléctricos debido al mal estado en que se encuentran estos.

2.2 Diseño de la investigación

El estudio del comportamiento de las principales magnitudes eléctricas y la estructura de consumo del banco de transformadores Laboratorio ha sido ampliamente estudiada mientras contaba con una conexión **estrella incompleta-delta abierta**, actualmente la conexión del banco es **estrella-delta**, con derivación central para el servicio monofásico. Para el desarrollo de la investigación se parte de los trabajos que han caracterizado el comportamiento del sistema eléctrico de distribución del área docente en los últimos años; se realizó un análisis bibliográfico con el objetivo de profundizar en cuánto se había avanzado en el tema, y qué medidas se tomaron para la solución de los problemas detectados.

Se realizó un levantamiento energético general del sistema de suministro eléctrico de los edificios docentes 1 y 2 por ser los de mayor potencia instalada en esta área, permitiendo determinar las condiciones técnicas y de consumo de la energía eléctrica.

Se realizaron las mediciones de las principales magnitudes eléctricas de los principales paneles de los edificios 1 y 2, así como del panel principal del banco de transformadores.

Se tomaron lecturas diarias al contador de energía del banco, se tomaron las facturas mensuales del consumo de electricidad, así como el plan y real mensual de los tres últimos años, período en el que estuvieron vigentes medidas restrictivas de consumo. Esto

permitió analizar el comportamiento del nivel de carga existente en el área y general y confeccionar una base de datos para el tratamiento estadístico.

2.3 Caracterización del banco Laboratorio.

Las características del banco de transformadores Laboratorio, perteneciente al área docente, son las siguientes: está compuesto por tres transformadores monofásicos de 50 kVA cada uno, con una conexión estrella con punto neutro a tierra – delta con derivación central. Se alimenta de una línea primaria de 34.5 kV y suministra por el secundario 0.24 kV y 0.120 kV. Uno de los transformadores posee una derivación central en el secundario para la distribución de los equipos de 120 V, por lo que una de las tensiones de fase es de 208 V.

Estos abastecen los edificios Metalurgia-Electromecánica, Minas, Geología, Rectorado, Casa de compresores, Planta de beneficio, Taller de mecánica, y la biblioteca, incluyendo los laboratorios de cada uno de los edificios.

A continuación en la Figura 2.1 es representado el esquema físico del sistema de distribución de este bloque del docente.

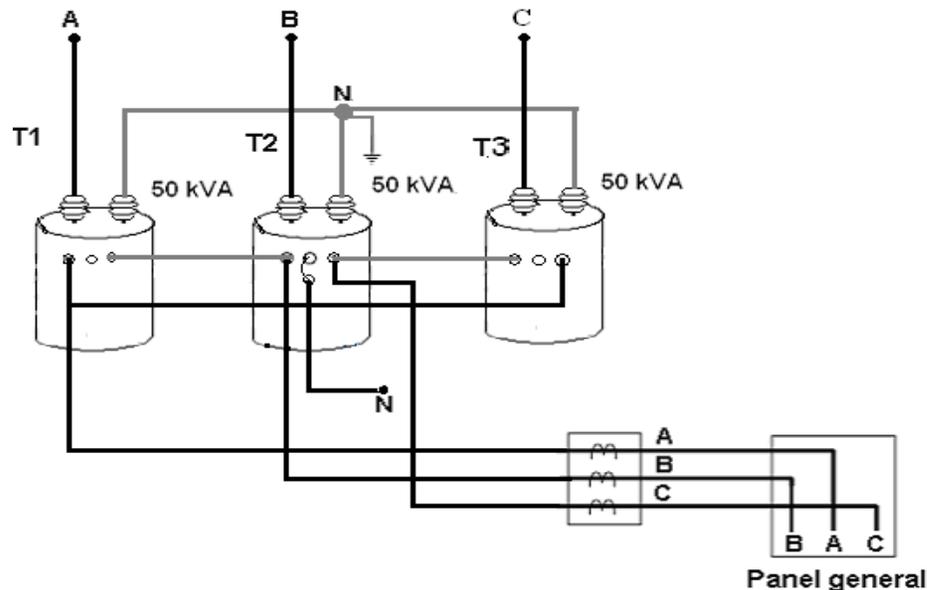


Figura. 2.1 Esquema físico del sistema de distribución al bloque docente

2.3.1 Conexión de los transformadores del banco docente

Estos transformadores del área docente actualmente poseen una conexión incompleta para servicio combinado (monofásico y trifásico), es decir, una conexión estrella aterrada, delta abierta para servicio de dos niveles de tensión, el cual es mostrado en la Figura 2.2 mediante un esquema eléctrico.

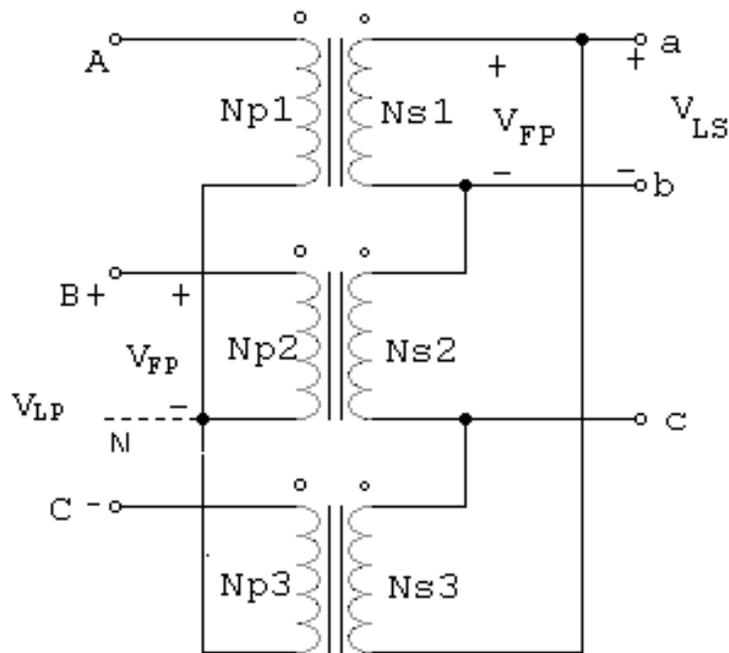


Figura 2.2 Esquema eléctrico de la conexión de los transformadores del banco docente.

El transformador con punto medio permite obtener tensiones monofásicas para servicio de tensión diferente de la existente entre línea, además de garantizar el servicio trifásico.

Toda la carga monofásica va hacia el transformador con el punto medio, lo que hace una carga asimétrica permanente para el sistema trifásico. El otro transformador solo sirve para carga trifásica, y en dependencia puede ser subutilizado, por ello a pesar de que generalmente su potencia es menor comparada con el destinado a ambos servicios, en este caso ambos transformadores tienen la misma potencia.

2.3.2 Análisis de los principales paneles eléctricos del área docente

Descripción del panel principal del sistema de distribución.

El panel principal del área docente del ISMM se encuentra ubicado en la caseta que está después del punto de control, el mismo se ubica debajo del banco de transformadores. Este panel es el encargado de distribuir la energía a toda el área del docente, el mismo está compuesto por 4 interruptores no automáticos de 3 fases cada una. Trabajos de años anteriores realizados a este panel brindan la siguiente información, la cual se mantiene actualmente, ya que se pudo comprobar a través de estudios y mediciones eléctricas realizadas sobre el mismo. Por lo que el interruptor no automático 1 alimenta el edificio 1, 3, 4. El interruptor no automático 2 es el encargado de alimentar el edificio 2 y los interruptores no automáticos 3 y 4, el primero es para la planta de beneficio y el segundo para la casa de compresores. (Pacheco 2008).

A continuación mediante la Figura 2.3 es representada el panel principal del banco de transformadores del bloque docente.

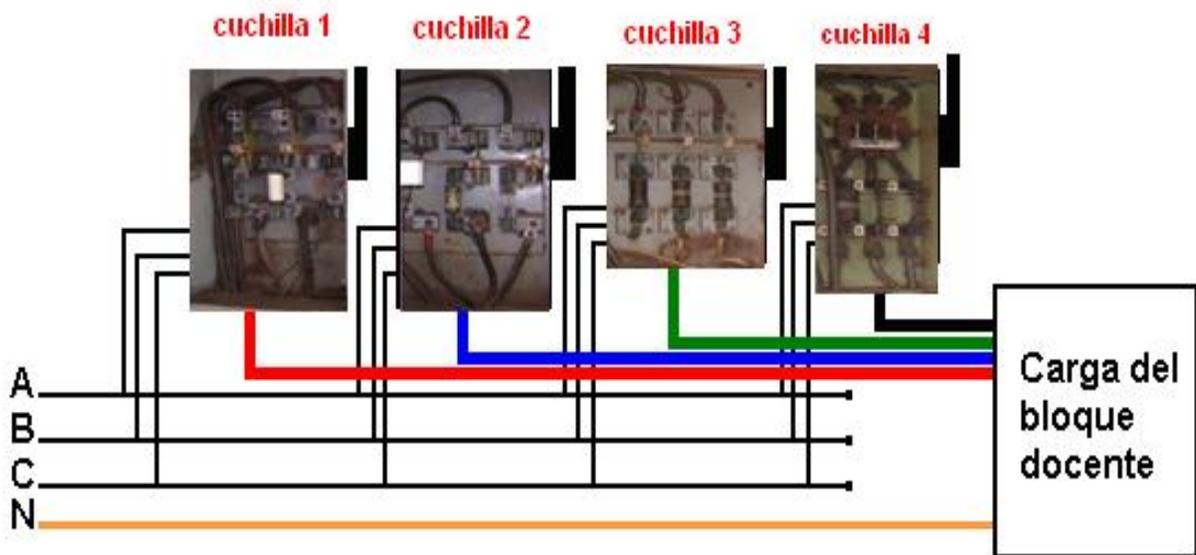


Figura 2.3 Panel principal del banco de transformadores del bloque docente.

2.3.3 Descripción de los paneles principales del edificio (Docente 2).

Docente 2

Panel principal

El panel principal del edificio 2 está ubicado en el primer piso al lado del Centro de Estudios de Energía y Tecnologías de Avanzadas de Moa (CEETAM) y está estructurado por un breaker principal y 14 interruptores no automáticos, además posee 1 interruptor automático perteneciente al centro de red en el edificio 1. Este panel se encuentra en estado crítico desde (Pacheco 2008), los interruptores no automáticos están en muy mal estado, (conductores sulfatados), trayendo esto consigo sobrecalentamientos y deterioro del aislante en su gran mayoría, como se muestra en la figura 2. 4.



Figura 2.4. Muestra del panel eléctrico del Docente 2. Estado crítico y peligroso.

No existe una indicación concreta de a qué local o circuito responde cada cuchilla. La pizarra eléctrica que sostiene los interruptores no automáticos, está totalmente deteriorada por la carcoma y se encuentra en peligro de una caída o incendio debido al calentamiento de los conductores, los que se encuentran defectuosos a simple vista.

En la figura 2.5 se muestran los interruptores no automáticos del panel.



Figura 2.5. Cuchillas del Docente 2.

Este panel principal es uno de lo que presenta mayor problema en el área docente del ISMM y por su importancia, necesita reparación total y sustitución de sus dispositivos de protección urgentemente.

El panel principal del Docente 2 alimenta también los locales biblioteca, laboratorio de computación, centro de red y sala de literatura que se encuentra en el edificio1

Característica de los interruptores no automáticos e interruptores automáticos que se encuentran en el panel principal del edificio Docente 2.

- Interruptor principal: 500 V, 750 A.
- 2 interruptores no automáticos: 250 V, 60 A.
- 1 interruptor no automático: 220 V, 30 A.
- 4 interruptores no automáticos: 250 V, 100 A.
- 4 interruptores no automáticos: 250 V, 200 A.
- 3 interruptores no automáticos sin conocer sus características debido a su deterioro
- 1 interruptores automático de 690 V, 125 A., perteneciente al Centro de Red, edificio 1

A continuación se describe el esquema monolineal del banco de transformadores Laboratorio.

2.3.4 Esquema mono lineal del sistema de distribución del área docente del ISMM.

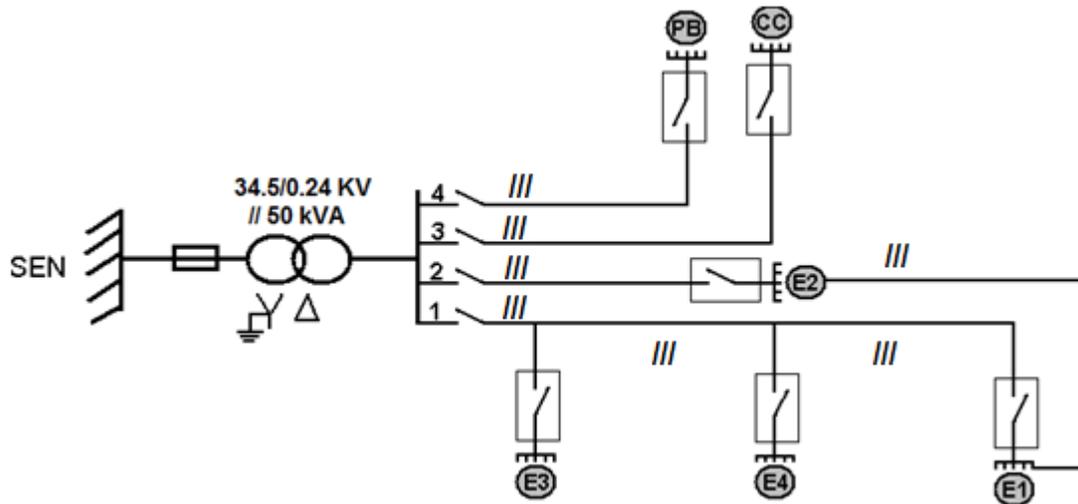


Figura 2.6 Esquema monolineal del área docente del ISMM.

La Figura 2.6 muestra el esquema monolineal correspondiente al área docente del ISMM. A través del esquema se puede percibir cómo se encuentra distribuido el sistema de distribución a las distintas áreas, con su comienzo desde el Sistema Electroenergético Nacional alimentando al banco de transformadores del área docente, el cual presenta una conexión estrella aterrada-delta y se encuentra protegido por un juego de drop-outs y constituido por tres transformadores de 50 kVA cada uno, alimentándose por la línea primaria de 34.5 kV y suministrando por el secundario 0.24 kV. Del banco de transformadores se alimentan los interruptores no automáticos generales (1, 2, 3 y 4) correspondientes al panel principal del área docente, las cuales alimentan las siguientes áreas:

Interruptor no automático 1: Alimenta a los interruptores generales E1 (Rectoría) y E4 (Geología), de los paneles principales correspondientes a los respectivos edificios docentes, por los cuales es distribuida la distribución.



Interruptores no automáticos 2: Alimenta el interruptor no automático general E2 correspondiente al panel principal que alimenta al edificio docente de Metalurgia-Electromecánica.

Interruptores no automáticos 3: Alimenta al docente 3

Interruptores no automáticos 4: Alimenta el interruptor automático (PB) perteneciente a la planta de beneficio y alimenta al interruptor automático principal (CC) correspondiente a casa de compresores.

Se muestra además el número de conductores, y la distancia en que se encuentra cada interruptor general del panel principal.

Característica de los interruptores no automáticos que se encuentran en el panel principal del área del Docente:

2 interruptores no automáticos: 240 V, fusibles de 600 A

2 interruptores no automáticos: 240 V, fusibles de 200 A

PQM de Multilin de 250V, 8A, equipo que actualmente está fuera de servicio.

2.4 Equipos

2.4.1 Descripción de los equipos de medición utilizados

Contador digital

Del contador digital de energía fueron tomas lecturas de mediciones de energía activa y energía reactiva, así como el consumo diario para determinar el comportamiento de la demanda del banco.

Este Contador digital tiene las siguientes características:

Modelo: CIRWATT

Unidad de medida: kWh - kVAr

Fabricado en: España en el año 2008



Coeficiente de transformación: TT 120 / 120 V

TI 600 / 5 A

3 x 58 / 100 V - - - - - 230 / 240 v

50 / 60 Hz

Una imagen de este contador de energía es representada a continuación mediante la Figura 2.7.



Figura 2.7 Conexión de los transformadores del contador.

Multímetro de gancho

Con este instrumento registrador se realizaron las mediciones eléctricas puntuales para determinadas cargas. También se utilizó en el levantamiento de las cargas instaladas de algunos locales.

Este Amperímetro de gancho tiene las siguientes características:

Amperímetro de gancho marca UNI-T.

Modelo: UT232 Made in China.

Auto rango



I_{AC} 0.1 – 1000 A

V_{AC} 0.1V – 600 V

Frecuencia 20Hz – 1 kHz

Z_{input} 10 M Ω

Batería (LR6) 4 x 1.5V



Figura 2.8 Amperímetro de gancho..

2.5 Métodos

2.5.1 Métodos de medición empleados.

Las lecturas diarias al contador de energía del banco docente se tomaron en el horario de las 8:00 AM, a partir de las cuales se realizó un análisis del comportamiento de la demanda en el banco.

Se realizaron mediciones de las principales magnitudes eléctricas como fueron: corriente, voltaje, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia. Las mediciones eléctricas fueron efectuadas en el panel general y en cada una de las cuchillas e interruptores principales de cada edificio del área docente.

A partir del análisis de las facturas mensuales se determinaron las pérdidas por transformación y correspondencia entre plan de energía mensual y el consumo real.



2.5.2 Método de cálculo de la corriente de cortocircuito para la selección de los dispositivos de protección (breaker)

El cálculo de la corriente de cortocircuito es realizado con la finalidad de determinar la capacidad de los dispositivos de protección que van hacer conectados en las líneas de distribución que alimenta el área docente del ISMM. Para la determinación de esta magnitud nos apoyamos en el método de sistema de unidades relativas (por unidad).

Todas las magnitudes que intervienen en el cálculo de la corriente de cortocircuito pueden ser expresadas en unidades concretas (kVA, A, V, Ω) o en unidades relativas (en fracciones o en por ciento de la magnitud base elegida).

Estas magnitudes son obtenidas por datos de chapa del transformador, y por catálogos de conductores.

Para la expresión de todas las magnitudes en unidades relativas se deben establecer las magnitudes o condiciones básicas.

Partiendo de los datos obtenidos fueron seleccionadas las magnitudes bases las cuales son, potencia base S_b y el voltaje base V_b . A partir de estas magnitudes podemos determinar la corriente de cortocircuito, para lo cual partimos de las expresiones que son mostradas a continuación:

$$S_b = \sqrt{3} \cdot V_b \cdot I_b$$

$$Z_b = \frac{V_b \text{ fase}}{I_b \text{ fase}}$$

Procedemos a determinar:

$$r_{T^*} = \frac{r_T}{z_B} \quad ; \quad x_{T^*} = \frac{x_R}{z_B} \quad ; \quad r_{L^*} = \frac{r_L}{z_B} \quad ; \quad x_{L^*} = \frac{l_L}{z_B}$$

Donde

r_T \rightarrow Resistencia del transformador.



r_L → Resistencia de la línea.

x_T → Reactancia del transformador.

x_L → Reactancia de la línea.

Con estos resultados determinamos la I_{cc} en valores por unidad, a partir de unas series de expresiones que son mostradas a continuación:

$$I_{cc} = \frac{V}{Z_{cc}} \rightarrow Z_{cc} = \sqrt{r_{cc}^2 + x_{cc}^2}$$

Done (V) esta expresado valores por unidad, y equivale a (1 pu).

$$r_{CC} = r_T + r_L ; x_{CC} = x_T + x_L$$

El resultado obtenido de la I_{cc} se encuentra expresado en valores por unidad, por lo que para llevarlo a (A) de debe multiplicar por la corriente base (I_b).

S_B Potencia aparente base.

Z_B Impedancia base.

r_{T*}, x_{T*} Resistencia y reactancia del transformador expresadas en unidad relativa, referidas a las condiciones bases.

r_{L*}, x_{L*} Resistencia y reactancia de la línea expresadas en unidad relativa, referidas a las condiciones bases.

r_{CC}, x_{CC} Resistencia y reactancia de cortocircuito.

Z_{CC} Impedancia de cortocircuito.

I_{CC} Corriente de cortocircuito.

2.5.3 Análisis para la selección de conductores eléctricos.

Para la selección de conductores eléctricos en el circuito de distribución del área docente del ISMM, primeramente se realiza un análisis acerca de las condiciones actuales de los conductores eléctricos de cada área en particular correspondiente a este bloque. Se realizaron consideraciones cuidadosas sobre la base de varios de los requisitos



involucrados a la hora de realizar una correcta selección, los cuales son representados a continuación:

1. El tamaño del conductor debe proporcionar suficiente capacidad para conducir la corriente máxima que demanda la carga.
2. Los conductores para una carga permanente conectada deben seleccionarse con un 25% más de capacidad que la corriente máxima que demanda la carga.
3. Una carga permanente conectada o de servicio continuo es una carga que está conectada a la red energética durante tres (3) horas o más.”
4. El tipo de aislamiento de los conductores de un circuito debe ser el adecuado a las condiciones ambientales y a la elevación de la temperatura dentro de sus límites de operación.
5. El tamaño, sección o calibre de los conductores deben de guardar la caída de tensión y las pérdidas de potencia hasta el punto final de suministro.
6. El conductor seleccionado tiene que tener capacidad para soportar el calentamiento de los cortocircuitos.



2.6 Conclusiones

- Los métodos que se van a aplicar en este trabajo son reconocidos y válidos para las mediciones eléctricas y para el procesamiento de la información. Los equipos empleados en la medición contaron de la precisión requerida para determinar el comportamiento de las magnitudes eléctricas en el área docente del ISMM.
- Fue actualizado el monolineal del sistema de suministro del banco.



Capítulo 3

Análisis de los resultados de la investigación



CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Introducción

El presente capítulo muestra los resultados de la investigación, así como la solución a cada una de las tareas a realizar. Analiza el comportamiento del consumo real de energía con respecto al plan, bajo nuevas condiciones y se establecen las medidas organizativas

3.2 Evaluación del comportamiento de las potencias y del consumo de energía eléctrica en el área docente.

La tabla 3.1 muestra los datos del comportamiento promedio de la energía consumida por meses del banco de transformadores general del área docente. Estos valores son determinados por los registros oficiales de las facturas entregadas por la UEB Eléctrica municipal.

Tabla 3.1 Energía mensual consumida en MWh.

Mes	2011	2012	2013
Enero	15.217	17.353	15.987
Febrero	14.006	15.906	15.529
Marzo	16.203	18.542	18.129
Abril	14.864	15.909	17.348
Mayo	17.702	17.912	-
Junio	19.100	18.41	
Julio	14.480	15.156	
Agosto	7.042	7.811	
Septiembre	17.069	17.411	
Octubre	19.977	13.256	
Noviembre	19.920	17.111	
Diciembre	14.779	16.011	
Consumo Total	190.359	190.788	66.993



En la figura 3.1 se muestra el comportamiento referido a la tabla anterior.

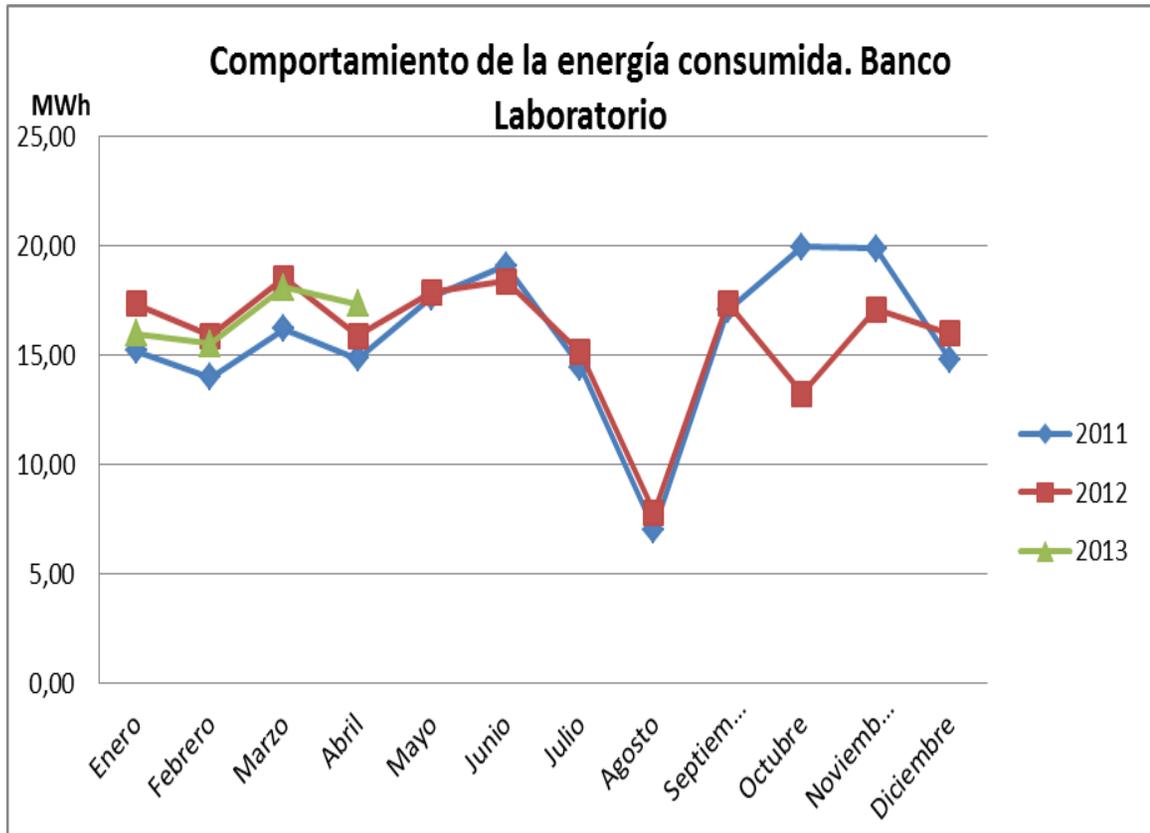


Figura 3.1 Banco Laboratorio. Período 2011-2013.

Es característico el comportamiento durante el mes de agosto, sin embargo durante los meses del inicio de curso existe una variabilidad que tiene relación directa con el uso de los laboratorios de cómputo y equipos de climatización.

En el 2011 a pesar de que estaban orientadas las medidas organizativas para reducir el consumo de energía, aún la conciencia y la exigencia o control no se desarrollaban como en el año 2012. Los meses de mayo a julio corresponden a la etapa de trabajos de diploma, por lo que históricamente se dispara el consumo. Ya para el mes de marzo de 2013, se recontracta la demanda del ISMM y se reajusta el plan de energía, posibilitando el retorno a las condiciones normales de trabajo y estudio en la universidad.



Si se compara el comportamiento de la energía consumida durante el año 2007, cuando aún las medidas restrictivas de consumo instauradas en el ISMM no se aplicaban, se puede concluir que con el paquete de medidas se redujo sustancialmente el consumo de energía eléctrica del banco como puede verse en la figura 3.2.

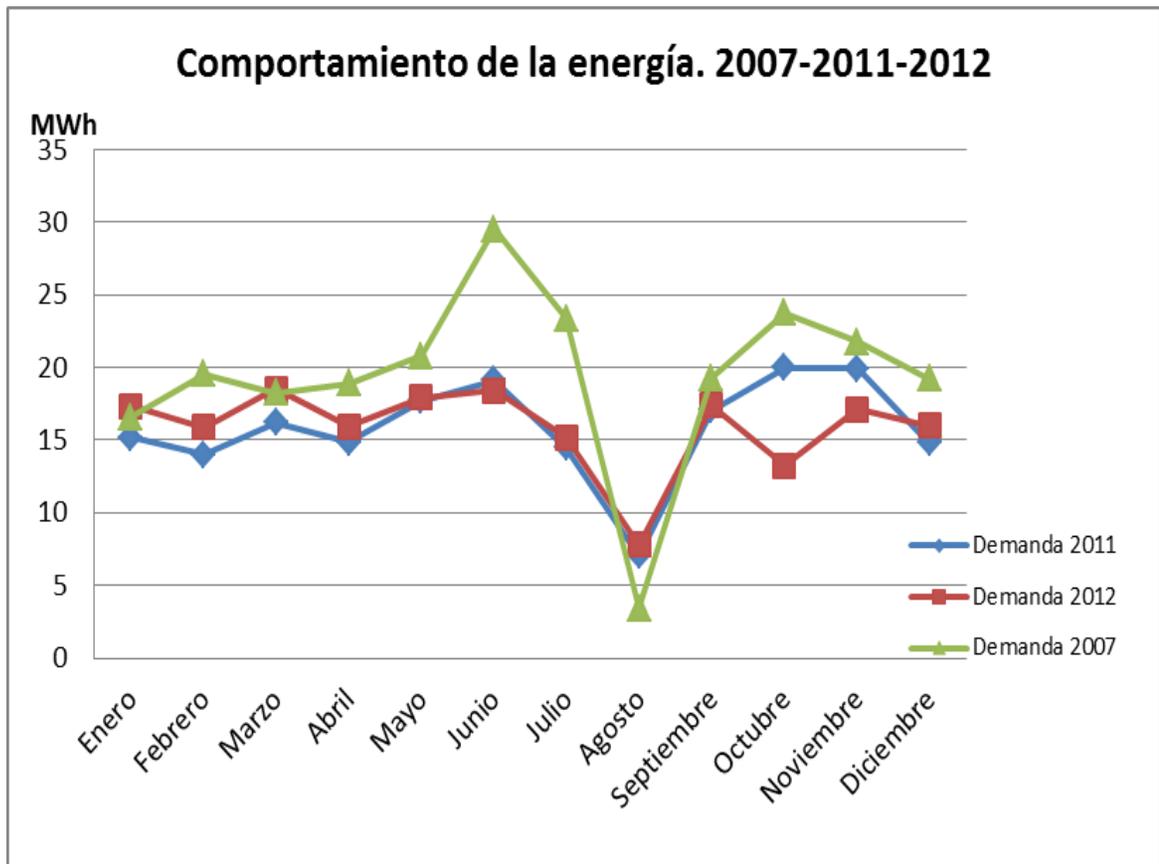


Figura 3.2 Energía mensual antes y después de medidas restrictivas.

En la tabla 1 del anexo 1 se muestra el consumo diario de energía eléctrica del banco de transformadores Laboratorio en el año 2012 desde el 21/1/2012 hasta el 16/11/2012.

Estos consumos fueron determinados a partir de las lecturas tomadas en el horario de 11:00 AM a 11:30 AM todos los días de la semana.

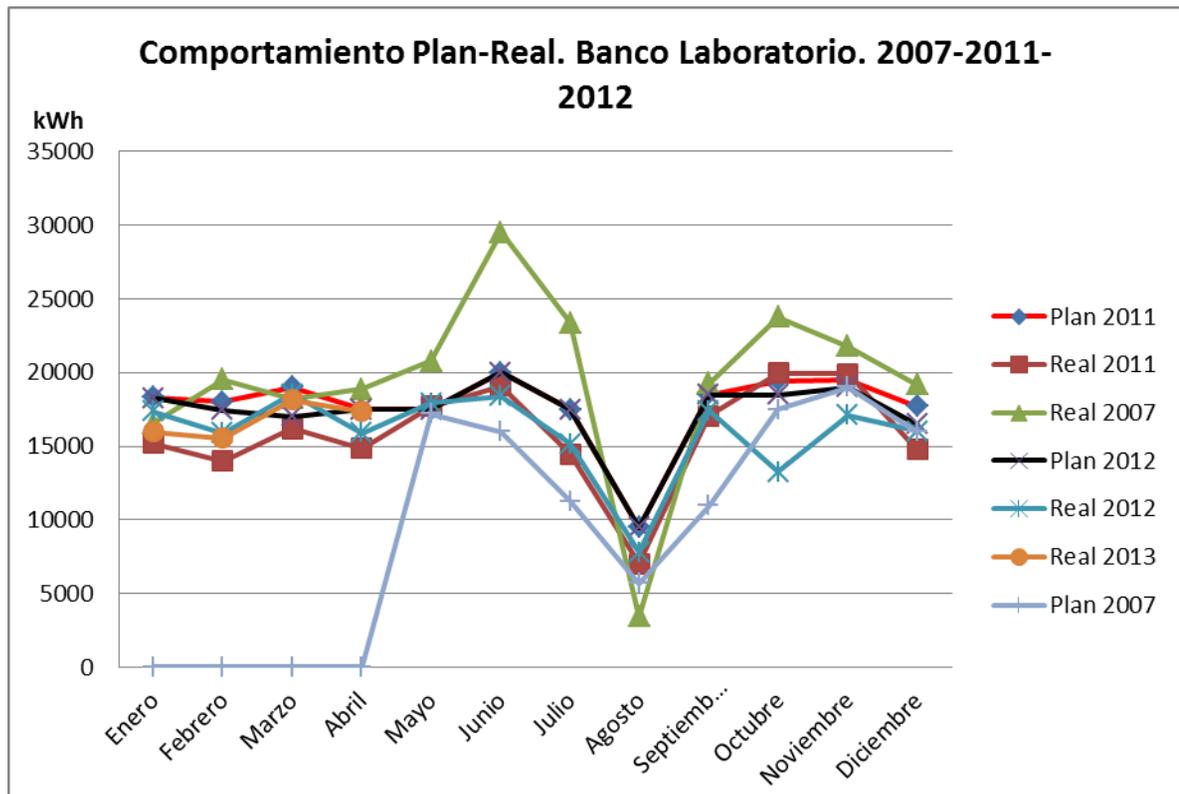


Figura 3.3 Comportamiento del plan y el real. Antes y después.

La Figura 3.3 muestra el gráfico del comportamiento de los valores promedios, por meses del consumo de energía antes (2007) y después (2011-2013) de implementación de las medidas de ahorro energético.

El plan de energía siempre ha sido inferior a las necesidades de energía en el banco Laboratorio, el desarrollo de laboratorios docentes y el estado técnico de los equipos de cómputo se han visto afectados durante los años 2011 y 2012 por las medidas restrictivas de consumo.

En la figura 3.4 se muestra cómo el cumplimiento obligatorio de las medidas tomadas llevó mantener el real próximo o inferior al plan.

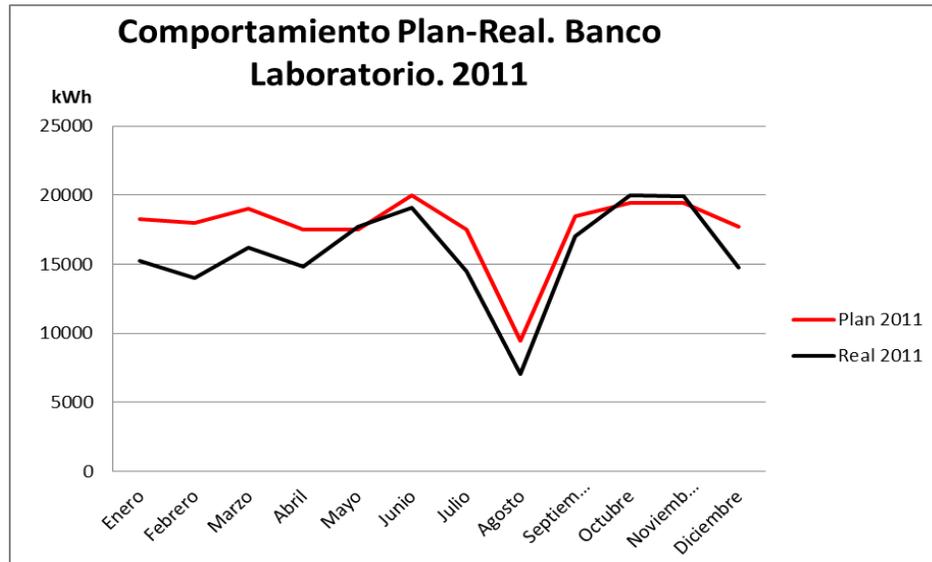


Figura 3.3 Comportamiento del plan y el real. 2011.

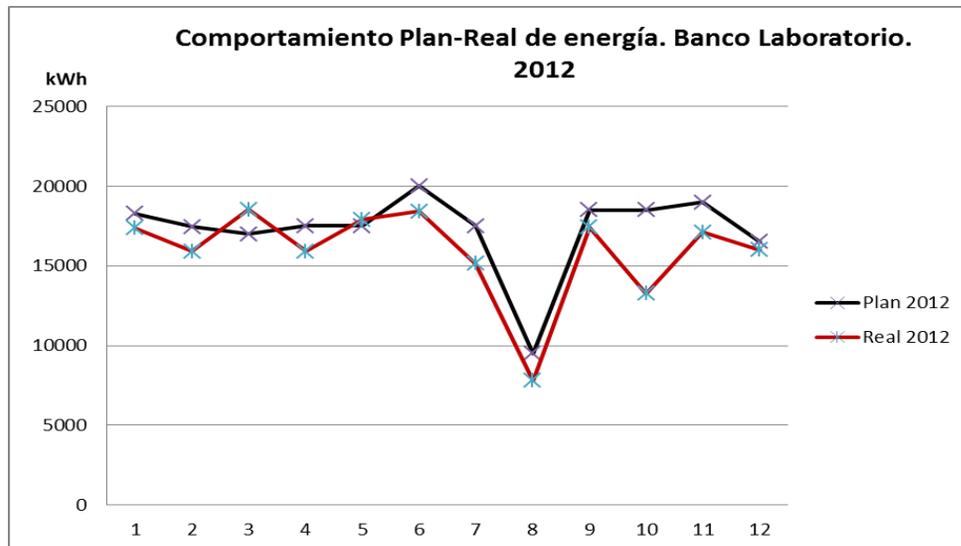


Figura 3.4 Comportamiento del plan y el real. 2012.

De forma análoga sucede durante el 2012 como se muestra en la figura 3.4. Este comportamiento ha afectado el desarrollo de las actividades docentes normales.



La tabla 3.2 recoge los datos del consumo de energía eléctrica por días de la semana (kWh) en el banco de transformadores del área docente, correspondiente a los días medidos, desde el mes de enero hasta el mes de mayo. Se representa además el promedio total por días de la semana.

Tabla 3.2 Consumo de energía eléctrica por días de la semana (kWh) en el área docente año 2012.

Mes	Día	Lun	Día	Mar	Día	Miér	Día	Juev	Día	Vier	Día	Sáb	Día	Dom
Enero	21	880	22	640	23	1040	17	800	18	640	19	640	20	480
	28	720	29	720	30	720	24	880	25	720	26	480	27	320
							31	640						
Febrero	4	720	5	720	6	800	7	720	1	720	2	560	3	400
	11	800	12	880	13	720	14	560	8	640	9	400	10	560
	18	800	19	720	20	800	21	720	15	400	16	560	17	640
	25	640	26	960	27	720	28	720	22	640	23	480	24	400
									29	720				
Marzo	3	720	4	880	5	800	6	800	7	800	1	480	2	480
	10	480	11	720	12	720	13	880	14	720	8	400	9	400
	17	720	18	800	19	720	20	720	21	800	15	560	16	400
	24	800	25	560	26	480	27	400	28	720	22	480	23	480
	31	880									29	560	30	400
Abril	7	880	1	800	2	720	3	880	4	640	5	400	6	400
	14	1040	8	880	9	720	10	880	11	640	12	400	13	320
	21	720	15	560	16	720	17	720	18	960	19	480	20	320
	28	720	22	800	23	720	24	560	25	560	26	480	27	320
			29	800	30	800								
Mayo	5	800	6	720	14	880	1	400	2	800	3	480	4	400
	19	800	20	800	21	800	15	800	16	800	17	400	18	320
	26	880	27	800	28	880	22	800	23	720	24	400	25	480
							29	800	30	880				
Promedio		778		764		764		720		712		480		418



Mediante la tabla 3.3 se muestran los valores del consumo promedio por hora determinado desde las 8:00 h hasta las 18:00 h de lunes a viernes, debido a que estos son los días en que se desarrollan mayormente las actividades laborales en el área docente.

Tabla 3.3 Demanda horaria del banco.

t (h)	Consumo promedio (kWh)
8:00 – 10:00	78,2
10:00 – 12:00	112,6
12:00 – 14:00	90,4
14:00 – 16:00	120,8
16:00 – 18:00	88,2

La tabla 3.4 representada a continuación recoge los datos del valor medio de la potencia activa, reactiva y aparente de los edificios 1, 2, 3 y 4 correspondientes al área docente del ISMM.

Estos valores son estimados para horarios laborables de lunes a viernes, en el horario desde las 8:00 h hasta las 16:00 h.

Edificio 1 (Rectoría).

Edificio 2 (Metalurgia-Electromecánica).

Edificio 3 (Minas).

Edificio 4 (Geología).

**Tabla 3.4 Comportamiento de las potencias medias por hora en los edificios 1, 2, 3 y 4 del área docente del ISMM.**

Área	t (h)	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)
Edificio 1	8.00	10	8	13
	10.00	13	10	16
	12.00	11	9	14
	14.00	16	11	19
	16.00	11	10	15
Edificio 2	8.00	18	14	23
	10.00	20	15	25
	12.00	17	15	23
	14.00	20	14	24
	16.00	18	16	24
Edificio 3	8.00	5	4	7
	10.00	14	11	18
	12.00	10	9	13
	14.00	15	13	20
	16.00	9	8	12
Edificio 4	8.00	6	5	8
	10.00	9	6	11
	12.00	7	6	9
	14.00	9	7	11
	16.00	6	5	8

3.3 Determinación de la potencia instalada en el área docente.

En la 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, tal como se muestra en las tablas que siguen.



- Edificio 1 (Rectoría).

Tabla 3. 5 Determinación de la potencia instalada en el edificio 1 del área docente.

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)
Lámpara (20 W)	72	1.44
Lámpara (40 W)	140	5.60
Computadora	56	14
Televisor	3	0.35
videos	1	0.018
Dispensador de agua	3	0.39
Consola	1	9.1
Acondicionadores de aire	14	13.08
Split	2	0.782
Impresora	14	3.85
Ventiladores	12	0.58
Fricer	3	0.2
Fotocopiadora	1	1.075
Total	354	50.465



- Edificio 2 (Metalurgia-Electromecánica).

Tabla 3. 6 Determinación de la potencia instalada en el edificio 2 del área docente.

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)
Lámpara (20 W)	44	0.88
Lámpara (40 W)	153	6.12
Computadora	50	12.5
Dispensador de agua	1	0.13
Impresora	4	1.1
Acondicionadores de aire	12	11.2
Ventiladores	5	0.9
Horno 1	1	1.8
Horno 2	1	1.14
Horno Mofla	1	2.75
Motor DC	1	0.15
Motor AC	3	0.45
Pesa	1	0.5
Photometer	1	0.014
Peresistterm	1	1.1
Titratore	1	24
Máquina herramienta	1	5.2
Generador	2	26.28
Generador 1	1	19.2
Total	284	113.414

**- Casa de compresores.****Tabla 3. 7 Determinación de la potencia instalada en la casa de compresores.**

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)
Motores eléctricos	2	37
Total	2	37

- Planta de beneficio.**Tabla 3. 8 Determinación de la potencia instalada en la planta de beneficio.**

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)
Lámpara (40 W)	8	0.32
Equipos eléctricos	22	99.50
Total	30	99.82

- Taller de mecánica.**Tabla 3. 9 Determinación de la potencia instalada en el taller de mecánica.**

Consumidores	Cantidad	Potencia (kW)
Lámpara (40 W)	2	0.08
Lámp incandescente	1	0.06
Máquinas herramienta	12	62.60
Total	15	62.74

3.4 Propuestas de medidas para garantizar una explotación más racional del sistema con el ahorro energético

Si existiera una adecuada planificación para el mantenimiento del sistema eléctrico en el área docente del ISMM, no estaríamos inmersos a dar soluciones inmediatas con tan pocos recursos. Partiendo de este análisis a continuación son mostradas las distintas propuestas de medidas para garantizar una explotación más eficiente del sistema eléctrico.



1. Cambiar todos los interruptores no automáticos del panel general del área del docente, y de los paneles eléctricos principales de cada edificio por dispositivos de protección automático (breaker).
2. El circuito de distribución de la biblioteca, sala de literatura, laboratorio central y centro de redes, proviene del edificio 2 (Facultad Metalurgia Electromecánica); se propone el cambio del circuito de distribución de estos locales para el edificio 1 (Rectoría), con el propósito de liberar la sobrecarga excesiva en el edificio 2.
3. Remodelación de todos los paneles eléctricos del área del docente.
4. Conexión de contadores de energía en los paneles principales de cada edificio del área del docente, con el fin de racionalizar el consumo de energía eléctrica por área.
5. Establecer periódicamente el control de la carga instalada en general y por edificios, en función de la capacidad del Banco de Transformadores del docente.
6. Eliminar los salideros y las tendederas hidráulicas, los cuales están deteriorando.
7. Apagar los monitores y ordenadores cuando no se estén utilizando.

3.5 Medidas técnicas organizativas.

1. Utilización de pantallas reflectoras en las lámparas de 32 W.
2. Continuar con el uso de lámparas de bajo consumo.
3. Cambiar la ubicación de luminarias dentro de los nervios del techo, dentro de estos se pierde el 20 % de flujo luminoso, aproximadamente 400 lúmenes.
4. Desconexión completa de lámparas o proyectores fundidos.
5. Pintar paredes, techos, y columnas de colores claros.
6. Uso de lámparas de vapor de sodio de alta o baja presión en áreas externas que no requieren nitidez.
7. Instalar sistemas automáticos de desconexión de circuitos, mediante fotoceldas para control luminoso especialmente donde puede aprovecharse la luz natural.
8. Implementación de programas de encendido y apagado del alumbrado en oficinas después de la jornada laboral en el área docente.

Si existiera una adecuada planificación para el mantenimiento del sistema eléctrico en el área docente del ISMM, no estaríamos inmersos a dar soluciones inmediatas con tan



pocos recursos. Partiendo de este análisis a continuación son mostradas las distintas propuestas de medidas para garantizar una explotación más eficiente del sistema eléctrico.

- 1) Que se lleve a cabo la propuesta de medidas para mejorar el servicio del banco de transformadores del área docente.
- 2) Cambiar todas las cuchillas del panel general del área docente, y de los paneles eléctricos principales de cada edificio por dispositivos de protección automático (breaker).
- 3) Remodelación de todos los paneles eléctricos del área docente.
- 4) Conexión de contadores de energía en los paneles principales de cada edificio del área docente, con el fin de racionalizar el consumo de energía eléctrica por área.
- 5) El circuito de alimentación de la biblioteca, sala de literatura, laboratorio central y centro de redes, proviene del edificio 2 (Facultad Metalurgia Electromecánica); se propone el cambio del circuito de alimentación de estos locales para el edificio 1 (Rectoría), con el propósito de liberar la sobrecarga excesiva en el edificio 2 y poder llevar a cabo la propuesta anterior.
- 6) Establecer periódicamente el control de la carga instalada en general y por edificios en función de la capacidad del banco de transformadores del área docente.
- 7) Eliminar los salideros y las tendederas hidráulicas, los cuales están deteriorando gravemente el cableado de los edificios.
- 8) Apagar los monitores y ordenadores cuando no se estén utilizando.
- 9) Utilizar racionalmente el alumbrado en los locales, laboratorios y pasillos del área docente.

3.6 Valoración Económica.

Es necesario realizar un estudio económico para dar solución a los problemas existentes en el sistema eléctrico del área docente. Analizando la propuesta de cambiar todas las cuchillas del panel general del área docente y de los paneles principales de cada edificio, por dispositivos de protección automáticos (breakers), se realizó un estudio y análisis de selección óptima, de modo que se determinaron las características técnicas establecidas para una operación eficiente de estos dispositivos.



La tabla 3.10 representada a continuación muestra los tipos de dispositivos de protección (breakers) con sus determinadas características y precios, existentes actualmente en el mercado interno.

Tabla 3. 10 Precios de los dispositivos de protección (breakers).

In (A)	Costo (CUC)	Costo (CUC)	Polos
320	773	436,34	3
250	507,08	128,21	3
200	456	259,37	3
160	190,4	114,29	3
125	144,45	82,68	3
100	129,81	74,16	3
80	116,56	70,04	3
63	111,62	60,13	3
40	96,29	54,96	3
32	15,88	8,54	2

Mediante la tabla 3.11 son representadas las características de los breakers seleccionados para el área docente del ISMM, así como el costo general en CUC y CUP.



Tabla 3. 11 Características y costos de los (breakers) seleccionados para las distintas áreas.

Panel	Cuchilla		Propuesta (Breaker)					
	In (A)	Cant	In (A)	Icc (A)	Scs (kVA)	P	Costo (CUC)	Costo (CUP)
General	-	1	320	550	130	3	773	436,34
	-	1	250	550	130	3	507,08	128,21
	-	1	160	550	130	3	190,4	114,29
	-	1	100	550	130	3	129,81	74,16
Edif 1	200	1	200	550	130	3	456	259,37
	60	4	100	550	130	3	519,24	296,64
	30	2	63	550	130	3	223,24	120,26
Edif 2	750	1	250	550	130	3	507,08	128,21
	200	6	160	550	130	3	1142,4	685,74
	100	5	63	550	130	3	1298,1	741,6
	60	4						
	30	1						
Edif 3	-	1	160	550	130	3	190,4	114,29
	400	2	100	550	130	3	519,24	296,64
	200	2						
	100	1	63	550	130	3	1227,82	661,43
	60	10						
	30	1	40	550	130	3	96,29	54,96
	15	7	32	550	130	2	111,16	59,78
Edif 4	400	1	160	550	130	3	190,4	114,29
	200	2	100	550	130	3	259,62	148,32
	100	6	63	550	130	3	781,34	420,91
	60	1						
	30	4	40	550	130	3	385,16	219,84
Costo T							9507.78	5075.28



3.7 Conclusiones.

En este capítulo se definieron los siguientes resultados:

- Se evaluó el comportamiento de las variables eléctricas, permitiendo establecer el balance de plan vs real de consumo de energía en el área docente del ISMM.
- Se realizó el levantamiento de la potencia instalada en el edificio 1 y 2, taller de mecánica, casa de compresores y planta de beneficio.
- Fue analizado el comportamiento del plan de energía y el consumo de energía.
- Se plantean unas series de medidas en vista de garantizar una explotación más racional del sistema eléctrico del área docente, con un conciente ahorro energético.



Conclusiones Generales

1. Se determinó la potencia activa instalada en los edificios 1 (Rectoría) y 2 (Metalurgia– Electromecánica) correspondientes al área docente, donde 52 kW pertenecen al edificio 1, y 113.4 kW al edificio 2.
2. Del análisis del sistema se determinó que el panel general del área docente y los paneles principales de cada edificio están técnicamente en estado crítico y requieren sustitución.
3. Se determinó que existe un marcado desbalance de consumo de energía en distintas horas del día y entre días de semana.
4. Se define la valoración económica de la propuesta de cambiar todas las cuchillas del panel general del área docente y de los paneles principales de cada edificio, por dispositivos de protección automáticos (breakers), la cual tiene un costo de 9507.78 CUC más 5075.28 CUP.



Recomendaciones

1. Divulgar los resultados de correspondencia entre plan de energía y consumo real.
2. Mantener todos los años un estudio sobre el consumo de energía eléctrica en el área docente del ISMM, así como el sistema de distribución de la misma.



Bibliografía

1. AGUILAR BERMÚDEZ, JOSÉ. Herramienta para la predicción energética aplicadas en el Hotel Blau Costa Verde. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2009.
2. ÁLVAREZ CRUZ, YAN. Sistema para la Gestión Energética en el CAI Antonio Guiteras. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2009.
3. AMADOR MARTÍNEZ, ESTEBAN. Electrotecnia Básica. La Habana: Pueblo y Educación. (S.a.).
4. BARRERA GARCÍA, ANÍBAL. Diseño de sistemas de iluminación, con eficiencia energética. Universidad de Cienfuegos Cuba. 2008.
5. BORROTO NORDELO, ANÍBAL; MONTEAGUDO, JOSÉ. Colectivo de Autores Gestión energética en el Sector Productivo y los Servicios Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente Universidad de Cienfuegos. 2006. 12-40 p.
6. CABELLO ERAS, JUAN JOSÉ. Proyecto de eficiencia energética. CEEMA. UC, 2013.
7. CAMPOS, J.C., GÓMEZ, R., SANTOS, L. La Eficiencia Energética en la gestión empresarial. Cuba 2006.
8. Catálogo de interruptores automático. 2009.
9. ESPINOSA NIEVES, G. REDES Eléctricas. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988. 97 p.
10. FEODOROV, A; RODRÍGUEZ LÓPEZ, E. Suministro eléctricos de empresas industriales. La Habana: I Pueblo y Educación, 1980. 189 p.
11. FERNÁNDEZ PÉREZ, RAMÓN. Pronóstico del consumo de energía eléctrica. Universidad de Cienfuegos Cuba. 2008.
12. FIGUEROA PÉREZ, ARIAN. Estudios de los Indicadores Energéticos del ISMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2002.
13. GARCÉS GALLARDO, KARELL. Sistema para la Gestión Energética en el Combinado Lácteo El Vaquerito de Moa, Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2009.
14. GONZÁLEZ JULIÁN, YANDISNIER. Diagnóstico energético en el área de residencia del ISMM, Dr.C. Reynaldo Laborde (tutor). Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2009.



15. GUILARTE HERNÁNDEZ, HENDRIS. Diagnóstico Energético en la empresa de proyecto del Níquel. Hendris Guilarte Hernández. M.Sc. Reineris Montero Dr. Luís Delfín Rojas (tutores). Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2009.
16. KOSTENCO, M; PIOTROVSKY, L. Máquinas Eléctricas. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982. 522 p.
17. LOBAINA BEATÓN, D. Estudios de los Indicadores Energéticos del ISMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, (2003).
18. LORENZO MUSTELIER, A. Mediciones Eléctricas: Mediciones eléctricas de los parámetros eléctricos. La Habana: ENPES, 1987. 435 p.
19. MATOS SILOT, YOANDER. Diagnóstico Energético de la Planta de Preparación de Mineral de la empresa "Ernesto Che Guevara. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2004.
20. Normas de iluminación cubanas. 2002.
21. PACHECO MARTES, DANNY. 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.
22. PÉREZ LABAÑINO, IDELÍN. Uso de transformadores monofásicos para el servicio combinado en el bloque docente del ISMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2003.
23. 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.
24. PINO MORALES, JOSÉ. Diagnóstico energético en la batería de Grupos electrógenos diesel de Moa. Ing. Aliuska Noa Ramírez (tutora) Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2009.
25. PIÑÓN ALFARO, CARLOS. Diagnóstico Energético en el Hotel Villa Covarrubias. Dr.C. Reynaldo Laborde (tutor). Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2009.



26. PRIETO MILLÁN, DIXAN. 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.
27. Reglamento electrotécnico cubano. 2006.
28. SÁEZ SANTIAGO, PEDRO. La eficiencia energética y la competitividad empresarial estado actual y tendencias futuras. Universidad de Cienfuegos Cuba. 2008.
29. SMOLENSKI, IVANOV. Máquinas Eléctricas.
30. SOLER ANGULO, LÁZARO. Diagnóstico Energético en el ISMM, XVIII Forum Científico Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias Técnicas, 2009.
31. <http://www.energia.inf.cu/iee-mep/document/FIDE1.pdf>.
32. <http://www.ambiental.net/coscoroba/hontyenergia/HontyEnergiaAmbDesarrolloCap2.pdf>



Anexos

Anexo 1.

Tabla 1 Consumo de energía eléctrica diario del banco de transformadores del área docente en el período analizado.

Consumo diario de energía (kWh)						
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	
1		720	480	800	400	
2		560	480	720	800	
3		400	720	880	480	
4		720	880	640	400	
5		720	800	400	800	
6		800	800	400	720	
7		720	800	880	Pase	
8		640	400	880		
9		400	400	720		
10		560	480	880		
11		800	720	640		
12		880	720	400		
13		720	880	320		
14		560	720	1040		880
15		400	560	560		800
16		560	400	720		800
17	800	640	720	720	400	
18	640	800	800	960	320	
19	640	720	720	480	800	
20	480	800	720	320	800	
21	880	720	800	720	800	
22	640	640	480	800	800	
23	1040	480	480	720	720	



24	880	400	800	560	400
25	720	640	560	560	480
26	480	960	480	480	880
27	320	720	400	320	800
28	720	720	720	720	880
29	720	720	560	800	800
30	720		400	800	880
31	640		880		