



Ingeniería Eléctrica
Facultad: Metalurgia Electromecánica

Trabajo de Diploma

En opción al Título de Ingeniero Eléctrico

Tema: Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor (a): Lizandra Pino Chaveco

Tutor: Ing. Yetsy Silva Cala

Moa, Holguín, Cuba
Junio del 2016
Año 58 de la Revolución

Declaración de Autoridad.

Yo:

Diplomante: Lizandra Pino Chaveco.

Tutor: Ing. Yetsy Silva Cala

Autor del Trabajo de Diploma:

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) Dr. Antonio Núñez Jiménez, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime necesaria.

Lizandra Pino Chaveco.

(Diplomante)

Ing. Yetsy Silva Cala

(Tutor)

Agradecimientos.

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la fuerza que necesité para la realización de este trabajo. A mis padres Marisol Chaveco Aldana, Gilberto Pino Zayas y a mi hermano Manuel Alejandro Pino Chaveco, por todo el esfuerzo y apoyo.

A mis amigos Ivan, Dayana, Mairelys, Aylen, Keylan, las jimaguas, Wendy, Anabel, Katia, Géiser, Hernán, por el apoyo brindado.

A mi tutor Yetsy Silva Cala por su dedicación y empeño.

A todos aquellos que de una forma u otra han hecho posible la realización de este trabajo aunque no los mencione a todos les estaré eternamente muy agradecido.

Para todos aquellos que imaginaron que esto no sería posible.

A todos gracias.

Dedicatoria.

Deseo dedicar la culminación de esta grandiosa meta a la memoria de mi abuela María Del Carmen Zayas Rivero, a la que le debo todo lo que soy.

A todas aquellas personas que me han apoyado, y que con su esfuerzo, amor y dedicación han hecho posible que este sueño se haga realidad.

Frase.

...EL Futuro tiene muchos nombres.

Para los débiles es lo inalcanzable.

Para los temerosos, lo desconocido.

Para los valientes es la oportunidad.

Víctor Hugo

Tabla de contenido.

<i>Declaración de Autoridad.....</i>	<i>II</i>
<i>Agradecimientos.....</i>	<i>III</i>
<i>Dedicatoria.....</i>	<i>IV</i>
<i>Frase.....</i>	<i>V</i>
<i>Tabla de contenido.....</i>	<i>VI</i>
<i>Resumen.....</i>	<i>VIII</i>
<i>Abstract.....</i>	<i>IX</i>
<i>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</i>	<i>1</i>
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO INVESTIGATIVO	4
1.1 Introducción	4
1.2 Trabajos Precedentes.....	4
1.3. Conductores Eléctricos	7
1.3.1. Resistencia de un conductor	8
1.4 Dispositivo de protección	12
1.4.1 Interruptores Automáticos	13
1.5 Banco de transformadores monofásico	16
1.5.1 La conexión estrella/delta (Y/ Δ)	16
1.5.2 Conexión estrella no aterrada – delta.....	16
1.5.3 Conexión estrella – delta con derivación central	17
1.5.4 Inconvenientes de la configuración Y-Y	18
1.6 Pérdidas de energía eléctrica	19
1.6.1 Pérdidas Técnicas.....	19
1.6.2 Pérdidas en Conductores.....	22
1.6.3 Pérdidas en Transformadores.....	23
1.7 Conclusiones	25
CAPÍTULO II: MÉTODOS Y MATERIALES	26
2.1 Introducción	26
2.2 Aspectos teóricos de las variables eléctricas.....	26
2.2.1 Potencia Activa	26
2.2.2 Potencia trifásica.....	27
2.2.3 Corriente eléctrica	27

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

2.2.4 Tensión o voltaje	27
2.3 Caracterización del banco de transformadores	28
2.4 Descripción de los equipos de medición	29
2.4.1 Multímetro de gancho.....	29
2.4.2 Analizador de redes	30
2.5 Métodos de medición empleados	31
2.6 Mediciones de Potencia Activa	34
2.7 Estado técnico del sistema de suministro	39
2.8 Cálculo de las pérdidas eléctricas	40
2.8.1 Pérdidas eléctricas antes del balance de carga	44
2.9 Conclusiones	50
CAPÍTULO 3: Análisis de los resultados de la investigación.....	51
3.1 Introducción	51
3.1 Evaluación del consumo de energía eléctrica en el área docente	51
3.2 Esquema monolineal del área docente del ISMMM.....	53
3.2.1 Principales deficiencias	54
3.3 Posibles soluciones	55
3.4 Propuesta para una reestructuración de las cargas	56
3.5 Propuestas de medidas para garantizar una explotación más racional del sistema con el ahorro energético.....	58
3.6 Valoración económica.....	59
3.7 Conclusiones	60
CONCLUSIONES GENERALES.....	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS:	I

Resumen.

En el presente trabajo se realiza un análisis y revisión bibliográfica en relación al estado actual del banco de transformadores del área docente en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM). Se hace referencia a trabajos anteriores desarrollados, relacionados con el área tomada como objeto de estudio que aborden los temas de diagnóstico energético, eficiencia energética, determinación de pérdidas e indicadores relacionados con el objeto de la investigación. Presenta varios capítulos donde se analizan variables del sistema de suministro de distribución eléctrica del área docente del ISMMM, inicialmente comenzando por el diseño de la investigación. Teniendo en cuenta los datos aportados por las mediciones y los levantamientos de las cargas que se han realizado se analizan los desconectivos y conductores eléctricos. Además de mostrar los resultados de la investigación, se da la solución a cada una de las tareas realizadas. Proponiendo además soluciones referidas a las medidas técnico-organizativas con respecto al tema.

Abstract.

An analysis and bibliographic revision in relation to the present-day status of the balance of loads in the ISMMM are accomplished in the present work, specifically in the teaching area. The person giving a reference moves to previous works developed in this area that they go aboard the themes of energetic diagnosis, energetic efficiency and indicators related for the purpose of investigation. You present several chapters where they examine variables of the system of supply of electric distribution of the teaching area of the ISMMM, initially beginning for investigation's design. Taking into account the data contributed by the measurements and the breakers and electric cables examine the uprisings of the loads accomplished in the area themselves. In addition to show research findings, you give yourself the solution to each of the realized tasks. Proposing besides solutions referred to the unbalance of the loads, and organizational measures regarding the theme.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Por los indicadores de consumo de energía se juzga en la actualidad el desarrollo alcanzado en la industria, la agricultura y el nivel de vida de cualquier nación. La energía y la electricidad son esenciales para satisfacer las necesidades básicas de la humanidad en cuanto a alimentación, agua, salud, transporte, etc, y es uno de los factores básicos en la estabilidad económica y social.

El desarrollo y la evolución de la sociedad humana han estado muy influidos por la forma de empleo de la energía primaria de los recursos energéticos que la naturaleza ha puesto a disposición del hombre, y por el desarrollo de los medios de transporte para poder disponer de esos recursos en el momento y lugar deseados. A lo largo de su historia el hombre pasó sucesivamente de la leña al empleo de la energía hidráulica, el carbón, el petróleo, el gas, la energía nuclear, y actualmente inicia el uso intensivo de otras fuentes energéticas primarias alternativas a partir de recursos energéticos renovables, pero las bases de la sociedad industrial actual fueron establecidas cuando el hombre fue capaz de convertir la energía primaria de los portadores energéticos en energía eléctrica.

El gobierno cubano en el año 2006, aprobó la implementación de la Revolución Energética. Uno de sus objetivos, era la reducción de las pérdidas técnicas de energía eléctrica, por lo que garantizó el financiamiento de las mejoras en las redes e instalaciones del Sistema Electroenergético Nacional (SEN). Como resultado de la Revolución Energética y los grandes esfuerzos de la Revolución Cubana por obtener una sociedad con una mejor calidad de vida, se ha realizado un grupo de cambios en las redes de distribución debido a la introducción de efectos electrodomésticos, que incrementaron los consumos de energía eléctrica en horario pico, lo cual puede ser atenuado por la disminución de las pérdidas de energía en los circuitos de distribución. El área docente del ISMM, constituye un espacio de alto consumo de energía eléctrica, por lo que se ha mantenido un estudio todos los años con vistas al control y a la introducción de nuevas medidas que puedan evitar la irracionalidad en

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

el consumo energético de esta área, de modo que con este trabajo nos proponemos dar continuidad a investigaciones anteriores y mantener la mejora continua de los mismos.

Situación Problemática

En el ISMMM de Moa, los responsables de la brigada de mantenimiento y especialistas en la materia operan en la red eléctrica del banco de transformadores del área docente sin conocer datos necesarios de parámetros eléctricos. Por eso no todos los cambios y mejoras que se realizan en la red perteneciente a este banco traen como resultado, lo esperado satisfactoriamente, provocando confusiones y demoras con la posibilidad de ocurrencia de posibles accidentes y dificulta de cierto modo la preparación de los estudiantes en los locales y laboratorios en horario vespertino preferentemente. Las pérdidas de energía en este banco es un factor fundamental a tener en cuenta ya que con un análisis y determinación de estas se podría evitar falsear en cuanto a consumo y eficiencia.

Problema

No se conoce en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa el valor actual de las pérdidas de energía en el banco de transformadores del área docente.

Hipótesis

Si se determinan las pérdidas de energía en los principales circuitos de suministro eléctrico en el área docente del ISMMM bajo nuevas condiciones, permitiría elaborar medidas que contribuyan a disminuir los índices de consumo de energía sin afectar las actividades docentes.

Objeto de estudio

Sistema de Suministro Eléctrico del Banco Docente.

Campo de acción

Pérdidas de energía eléctrica.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Objetivo General

Determinar las pérdidas de energía eléctrica en los principales circuitos de suministro eléctrico en el área docente del ISMMM 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 adecuado balance de cargas en los principales circuitos de distribución eléctrica bajo nuevas condiciones y acorde con las actividades que se desarrollan en el área y determinar las pérdidas de energía.

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.
- Determinación del balance de cargas.
- Determinación de las pérdidas de energía.
- Elaboración del plan de medidas para ajuste de consumo al plan actual.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO INVESTIGATIVO

1.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo, realizar el análisis y revisión bibliográfica con relación al estado actual de las pérdidas de energía en el banco de transformadores en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM), profundizándose el área del docente y otras instituciones. Además se hará referencia a los trabajos desarrollados con el tema eficiencia energética, diagnóstico energético, balance de carga y otros aspectos tratados en años anteriores con relación a la energía eléctrica.

1.2 Trabajos Precedentes

En la realización de este trabajo se parte desde el análisis de los resultados obtenidos de trabajos precedentes relacionados con el tema dentro del ISMMM y otras entidades empresariales.

En este trabajo se realiza un análisis para evaluar el sistema de gestión energética del ISMMM y definir los indicadores de consumos de energía eléctrica y agua por actividad, en esta investigación se obtienen buenos resultados como es la determinación de las pérdidas anuales de energía para el banco de transformadores del área docente, se proponen 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. [1]. A pesar de los resultados obtenidos en esta investigación, en muchos de los objetos de estudio no se realizó un análisis profundo en lo que respecta al funcionamiento del banco de transformadores analizado y no se detectaron los principales problemas existentes en los paneles y en las redes.

En este estudio se realiza un análisis sobre todas las áreas de la zona residencial del ISMMM, obteniendo buenos resultados y conocimiento de todo el sistema, se hace un levantamiento de la potencia instalada por área, se actualiza el esquema monolineal del sistema, se evalúa el comportamiento del consumo de energía, las

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

corrientes, potencias y tensiones en el punto principal de suministro del área de residencia estudiantil, para diferentes escalas de tiempo (horario, diario, mensual, anual), se establece el balance de potencias para el área de residencia estudiantil [2]. Sin embargo, no se aborda 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.

En el año 2008 se hace un análisis sobre el uso de transformadores monofásicos para el servicio combinado en el bloque docente del ISMMM. En la investigación se logra determinar las causas que provocan el funcionamiento ineficiente del banco docente, y se evalúan las vías para solucionarlo [3]. 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.

En esta investigación se evalúa el comportamiento de las potencias y del consumo de energía eléctrica de cada área de residencia. Se determina la potencia instalada en el área de la residencia, además de analizar el comportamiento de las corrientes y tensiones por edificios y en general. Se realiza el esquema monolineal del sistema, planteando un grupo de medidas con vista a garantizar una explotación más racional del sistema eléctrico del área de la residencia, con el ahorro energético. Se define la valoración económica de la propuesta de cambio en todos los interruptores del panel general del área residencia y de los paneles principales de cada edificio, por dispositivos de protección automáticos (breaker) [4]. A pesar de los resultados y de las medidas de ahorro propuestas en este trabajo no se profundiza lo necesario en cuanto al tema relacionado con el ahorro energético y la gestión energética.

En el 2010 se determinó la potencia instalada en el área docente y se realizó un análisis del comportamiento de las variables eléctricas en cada edificio del docente. Determinándose el esquema monolineal del sistema y planteando una serie de

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

medidas con vista de garantizar una explotación más racional del sistema eléctrico del área, con el ahorro energético bajo condiciones de restricción de energía [5].

En esta investigación se elaboró una Norma de Gestión Energética en el ISMMM a partir de la Norma Internacional ISO 50001. Analizándose el consumo de los portadores, se declararon los puestos claves y el personal que decide su eficiencia. Se actualizó el banco de problemas y se presentaron aspectos relacionados con los indicadores energéticos, a partir de que la electricidad representa alrededor de un 70 % del consumo de los Portadores Energéticos. Se evaluó el comportamiento de la demanda, así como las principales variables eléctricas, presentándose las potencialidades de ahorro desde el punto de vista técnico-económico y se proponen un grupo de indicadores de consumo específicos para el ISMMM [6].

En el 2014 se realiza un estudio para disminuir las pérdidas técnicas que presenta la OBE municipal de Báguano en las líneas de distribución primarias de los circuitos Báguano 1 y Báguano 2. Para conocer el nivel de las pérdidas técnicas actuales en los circuitos de distribución primaria y realizar una comparación con las pérdidas técnicas después de aplicada la variante de estudio se utilizó el software Radial 7.7 el cual está confeccionado para este propósito [7]. Después de realizado el estudio en los circuitos de Báguano1 y Báguano2 se proponen variantes para disminuir los valores de pérdidas técnicas con el objetivo de obtener un estado óptimo o de excelencia en este indicador.

En este trabajo de investigación se muestra la necesidad de implementar un conjunto de medidas para reducir al máximo los niveles de pérdidas que existen actualmente en el circuito de Guerrita, municipio Mayarí [8].Definiéndose las pérdidas de energía eléctrica y su clasificación. Se actualizó el monolineal del circuito haciendo un levantamiento de cargas. Al realizar un diagnóstico del circuito se determinaron los niveles de pérdidas existentes, así como el porcentaje de la caída del potencial en el peor nodo del circuito. Se obtiene el gráfico de carga para un día típico y el consumo de energía para el último trimestre del año2013. Se proponen variantes técnico -

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

organizativas para reducir los niveles de pérdidas de la red con su respectiva valoración económica y su impacto medio ambiental.

En el 2015 se hace un trabajo donde se realiza un análisis y revisión bibliográfica en relación al estado actual del balance de cargas en el ISMMM, específicamente en el área docente. Se hace referencia a trabajos anteriores desarrollados en esta área que aborden los temas de diagnóstico energético, eficiencia energética e indicadores relacionados con el objeto de la investigación. Se analizan variables del sistema de suministro de distribución eléctrica del área docente del ISMMM, inicialmente comenzando por el diseño de la investigación [9]. Teniendo en cuenta los datos aportados por las mediciones y los levantamientos de las cargas realizados en el área analizándose los conductores eléctricos. Se da la solución a cada una de las tareas realizadas, Proponiéndose además soluciones referidas al desbalance de las cargas, y medidas organizativas con respecto al tema.

En general los trabajos que hacen referencia al consumo de energía eléctrica en el ISMMM desarrollaron excelentes conocimientos acerca del tema estudiado, además de resolver una serie de problemas que se presentaban en el centro. Varios de estos trabajos llegaron a la solución de tomar medidas para mejorar el ahorro de energía en estas áreas debido a que son una de las más consumidoras del instituto. Por otra parte los estudios hecho en las entidades empresariales también abarcaron una serie de conocimientos, manteniendo la misma situación, tomar medidas que conlleven al ahorro de la energía eléctrica.

1.3. Conductores Eléctricos

Material conductor óptimo.

El cable de conexión representa el componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un Sistema Eléctrico. Resulta inevitable que parte de esta energía se pierda en forma de calor, ya que la resistencia eléctrica de un conductor nunca es nula. El material más indicado para la

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

fabricación de un cable conductor representa un compromiso entre un bajo valor de resistividad y el costo del mismo, el cobre ofrece hoy en día la mejor solución, ya que cumple con los principales factores que se tienen que tener en cuenta para una buena selección como son el material, su flexibilidad y la configuración así sea circular compacto, anular u otros.

1.3.1. Resistencia de un conductor

La resistencia eléctrica de un material conductor está dada por la expresión:

$$R = (\rho \cdot L) / A \quad (1.1)$$

Donde ρ (rho) representa el valor de resistividad lineal (W.m), L es el largo del conductor (m), y A es el área de la sección del mismo (mm²). El valor de ρ depende de dos variables: el material conductor y la temperatura de trabajo que éste alcanza. La expresión (1.1) indica que para un material conductor dado y temperatura (ρ constante), si el valor del área A permanece constante, el valor de la resistencia aumenta con su longitud. De igual manera puede deducirse que si ρ y L permanecen fijos, la resistencia del conductor se reduce si el área de su sección aumenta. La mayoría de los cables utilizados en instalaciones eléctricas tienen una sección circular. Cuando el área del conductor aumenta, también lo hace su diámetro. Por lo tanto, para una longitud dada, un aumento en el diámetro significa una menor caída de voltaje en el cable (menores pérdidas de energía), pero un mayor costo (más volumen por unidad de longitud).



Figura 1.1 Conductores de cobre.

1.3.1.2 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.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

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

1.3.1.3 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.

1.3.1.4 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 a:

- La corriente de carga aplicada.
- Caída de tensión.
- Elevación de temperatura dentro de los límites del aislamiento.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

- 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.

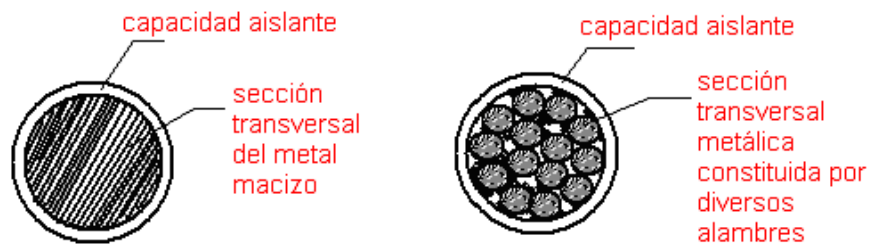


Fig. a) . Sección transversal de un alambre.

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 cómo 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..

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, aun 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.[10]

1.4 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.

1.4.1 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.

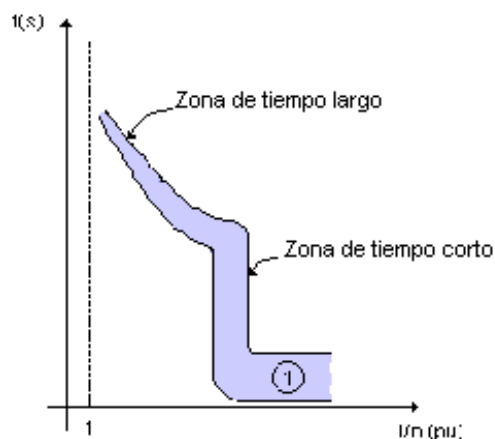


Fig.1.3. Característica hipotética de temporización de los interruptores.

En la figura 1.3 se muestra la curva del comportamiento del tiempo de acción de 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).

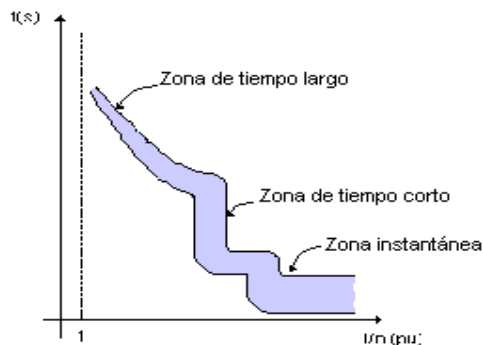


Fig.1.4. Característica hipotética de un interruptor con varias zonas de operación.

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)

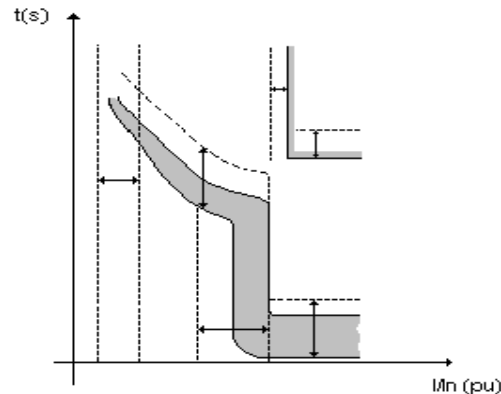


Fig.1.5 Parámetros de ajustes de un interruptor hipotético de varias zonas de operación.

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.

1.4.1.2 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.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

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.

1.5 Banco de transformadores monofásico

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 delta 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.

1.5.1 La conexión estrella/delta (Y/ Δ)

Con este tipo de conexión la corriente en el devanado de las bobinas secundarias es de un 58% de la corriente carga. Las distorsiones de las tensiones de salida no resultan tan severas 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.

1.5.2 Conexión estrella no aterrada – delta

Cuando existen altas cargas trifásicas y bajas cargas monofásicas (Fig.1.6)

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

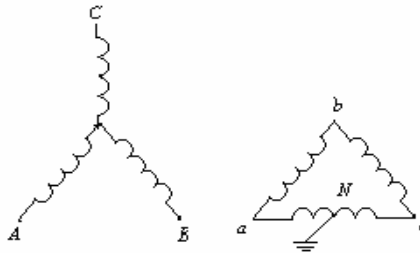


Fig.1.6 Conexión estrella no aterrada- delta.

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.

1.5.3 Conexión estrella – delta 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 $\frac{V_{lp}}{V_{ls}} = \sqrt{3}a$, y/Δ

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 desfasaje puede causar problemas en la puesta en paralelo

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

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 desfase de 30° en cada banco de transformadores que va a ser puesto en paralelo.

1.5.4 Inconvenientes de la configuración Y-Y

La configuración estrella- estrella (Y-Y) tiene dos problemas graves:

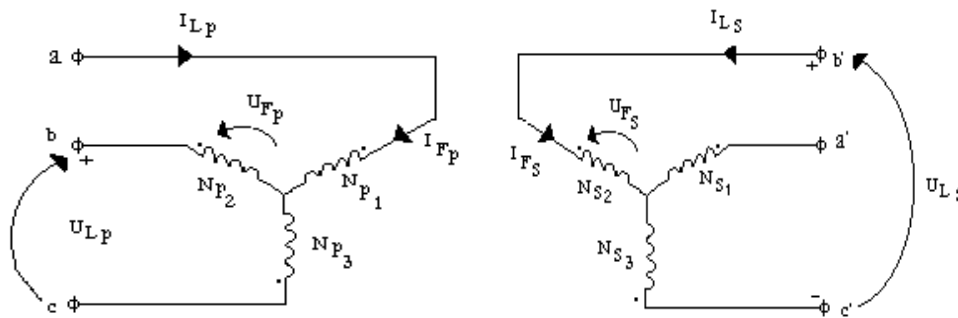


Figura 1.7 Configuración Estrella-Estrella (Y-Y)

1. Si las cargas del circuito del transformador están desbalanceadas, los voltajes de fase del transformador pueden llegar a desbalancearse.
2. Los voltajes de terceros armónicos.

Si un transformador Y-Y se aplica un sistema 3ϕ de voltaje, los voltajes en cualquier fase estarán separados 120° de los de las demás fase.

Ambos problemas se pueden solucionar utilizando una de estas dos técnicas:

- ✓ Poniendo sólidamente a tierra los neutros de los transformadores, en especial el neutro de los devanados primarios. Esta conexión permite que los componentes aditivos de tercer armónico, provoquen un flujo de corriente a través del neutro en lugar de ocasionar sobrevoltajes. El neutro provee también un camino de retorno para los desbalances de corriente en la carga.
- ✓ Adicionar un tercer devanado (terciario), conectado en Δ , al banco del transformador.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Las componentes de tercer armónico del voltaje se sumarían en la delta (Δ) causando una corriente circulante en este devanado, Esto suprime los componentes de tercer armónico del voltaje, de la misma forma que poniendo a tierra los neutros de los transformadores. Los terminales del devanado terciario no necesitan sacarse de la caja del transformador, pero se utilizan frecuentemente para alimentar luminarias y como potencia auxiliar en las subestaciones en las cuales se localizan. Este devanado debe ser suficientemente grande para soportar las corrientes circulantes; por esta razón se fabrican, en la mayoría de los casos, de un tercio de la P_n de los devanados principales.

1.6 Pérdidas de energía eléctrica

Las pérdidas de energía, obedecen a la ocurrencia de una serie de fenómenos, provocados por los parámetros que caracterizan a las redes y subestaciones, por las características de los materiales y equipos empleados, además de las condiciones de operación existentes en su entorno.

1.6.1 Pérdidas Técnicas

Las pérdidas técnicas constituyen la energía que se disipa y que no puede ser aprovechada de ninguna manera, pero que sin embargo pueden ser reducidas a valores aceptables según planes establecidos para dicho efecto. Las pérdidas técnicas se presentan principalmente por la resistencia de los conductores que transportan la energía desde los lugares de generación hasta llegar a los consumidores.

Existen las pérdidas de transmisión de alto voltaje (efecto corona) y las pérdidas en las líneas de distribución (efecto joule) dentro de las ciudades, pueblos y áreas rurales (distribución primaria y secundaria), así como también pérdidas en los transformadores de las subestaciones y de distribución (pérdidas por corrientes parásitas e histéresis).

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

1.6.1.2 Causas de las pérdidas técnicas

a) **Pérdidas por efecto Corona:** La descarga de corona alrededor de una bobina de alta tensión.

El efecto corona es un fenómeno eléctrico que se produce en los conductores de las líneas de alta tensión y se manifiesta en forma de halo luminoso a su alrededor. Dado que los conductores suelen ser de sección circular, el halo adopta una forma de corona, de ahí el nombre del fenómeno. El efecto corona está causado por la ionización del aire circundante al conductor debido a los altos niveles de tensión de la línea. En el momento que las moléculas de aire se ionizan, éstas son capaces de conducir la corriente eléctrica y parte de los electrones que circulan por la línea pasan a circular por el aire. Tal circulación producirá un incremento de temperatura en el gas, que se tornará de un color rojizo para niveles bajos de temperatura, o azulado para niveles altos. La intensidad del efecto corona, por lo tanto, se puede cuantificar según el color del halo, que será rojizo en aquellos casos leves y azulado para los más severos.

b) **Pérdidas por efecto Joule.**

Cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor isotérmico, hay una generación de calor. Este efecto ocurre debido a la transferencia de energía eléctrica a través del conductor por un proceso análogo al rozamiento.

La ley de Joule enuncia que:

El calor que desarrolla una corriente eléctrica al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y el tiempo que dura la corriente.

$$Q = I^2 * R * t \quad (\text{Watts}) \quad (1.2)$$

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Las pérdidas por efecto joule se manifiestan principalmente en:

- Calentamiento de Cables.
- Calentamiento de bobinas de los transformadores de distribución.

c) Pérdidas por Corrientes Parásitas e Histéresis.

Existe una potencia que sirve exclusivamente para magnetizar el núcleo de los transformadores, esta potencia no tiene otra aplicación práctica, por lo que se considera como pérdida en la imantación del núcleo del transformador y es llamada pérdidas por histéresis. Por otra parte los equipos eléctricos están formados por pedazos de conductor que se mueven en un campo magnético o están situados en un campo magnético variable, dando lugar a corrientes inducidas que circulan por el volumen del conductor, estas corrientes se denominan de Foucault y son corrientes que generan pérdidas.

Según su variación.

Pérdidas fijas: son aquellas cuyas variaciones dependen en un segundo orden de la demanda, a tal punto de considerarles fijas, así tenemos:

- Pérdidas por Efecto Corona.
- Pérdidas por histéresis y corrientes parásitas.

Pérdidas variables: son aquellas que dependen de la variación de la demanda, así tenemos:

- Pérdidas por Efecto Joule.

1.6.1.3 Factores que inciden en las pérdidas técnicas.

De estudios realizados sobre pérdidas de energía a empresas eléctricas, se ha tenido como resultado que en la parte de distribución y concretamente la que corresponde a baja tensión es donde se tiene el mayor porcentaje de pérdidas

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

debido a factores que influyen en estas y se muestran en la figura 1.8.

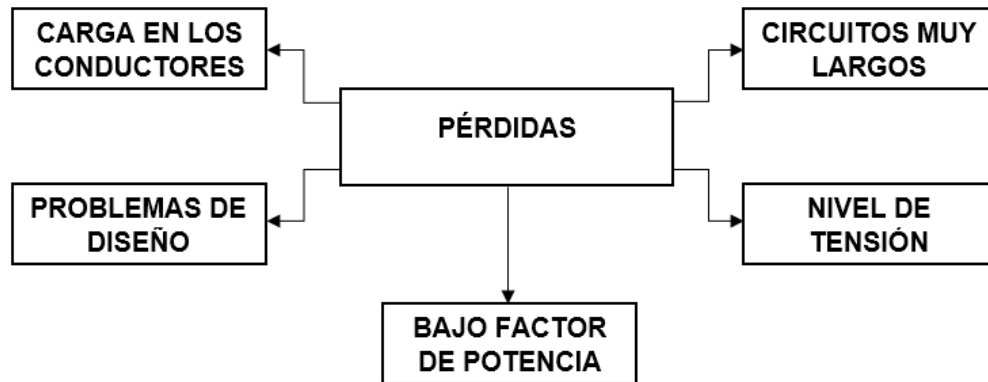


Figura 1.8 Factores que inciden en las pérdidas técnicas.

Estos factores que inciden en las pérdidas y cabe señalar que al reducir las pérdidas en distribución se descargaría todo el resto del sistema transporte de esta energía.

1.6.2 Pérdidas en Conductores

$$P = R * I^2 * L \quad (1.3)$$

Si se considera la expresión de la caída de tensión por el Método directo como:

$$\Delta V = I * L(R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (1.4)$$

Se tiene que:

$$I = \frac{\Delta V}{[L(R \cos \varphi + X \sin \varphi)]} \quad (1.5)$$

Sustituyendo (4) en la ecuación (2) tenemos que:

$$P = \frac{[R * \Delta V * I * L]}{[L(R \cos \varphi + X \sin \varphi)]} \quad (1.6)$$

Donde:

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

$P \rightarrow$ Pérdida de potencia en Horas pico (kW)

$R \rightarrow$ Resistencia eléctrica del conductor (Ohm/km)

$I \rightarrow$ Corriente que circula por el conductor(A)

$L \rightarrow$ Longitud de la línea (km)

$X \rightarrow$ Reactancia eléctrica del conductor, (Ohm/km)

$\Delta V \rightarrow$ Caída de tensión en voltios, (V)

$\cos \varphi \rightarrow$ Factor de potencia activa.

$\sin \varphi \rightarrow$ Factor de potencia reactiva.

1.6.3 Pérdidas en Transformadores

Las pérdidas en los transformadores están constituidas por las pérdidas en el hierro y en el cobre, considerándose constantes las pérdidas en el hierro y variable las pérdidas en el cobre.

La energía en pérdidas de carga (P_{cu}) de un transformador puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$EP_{CU} = P_{CU} * \left(\frac{S_{\max}}{S_n} \right)^2 * T_{eq} \text{ (kWh)} \quad (1.7)$$

Dónde:

$P_{CU} \rightarrow$ Pérdidas nominales del transformador en el cobre kW

$S_n \rightarrow$ Potencia nominal del transformador en kVA.

$S_{\max} \rightarrow$ Potencia máxima a la que se carga el transformador en kVA.

$$T_{eq} = 8760 * F_{perd} \text{ (h)} \quad (1.8)$$

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

T_{eq} → Tiempo equivalente de pérdidas en horas (tiempo en el cual el transformador funcionando a plena carga, produce las mismas pérdidas de energía en carga, que en condiciones normales, durante todo el año, $T=8760$).

$$F_{pérd} = 0.3 * F_C + 0.7 * F_C^2 \quad (1.9)$$

$$F_C = \frac{P_m}{P_{max}} \quad (1.10)$$

Dónde:

$F_{pérd}$ → Factor de pérdidas.

F_C → Factor de carga.

P_m → Potencia media (kW).

P_{max} → Potencia Máxima (kW)

Las pérdidas de energía en el núcleo (P_{fe}) de un transformador son creadas por el campo magnético en las láminas del material magnético que lo conforman, con su tiempo de operación es decir:

$$WP_{Fe} = P_{Fe} (kW) * 8760 \text{ (kWh/año)} \quad (1.11)$$

Las pérdidas totales de energías en transformadores se pueden calcular aproximadamente:

$$\Delta W_t \approx n * \Delta P_x * 8760 + \frac{1}{n} * \Delta P_K \left(\frac{S_m}{S_{nom}} \right)^2 * t \text{ (kWh/año)} \quad (1.12)$$

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Dónde:

$\Delta W_t \rightarrow$ Pérdidas de energía en los transformadores.

$n \rightarrow$ # de transformadores iguales trabajando en paralelo.

$\Delta P_x \rightarrow$ Pérdidas de Vacío.

$\Delta P_K \rightarrow$ Pérdidas con carga.

$S_m \rightarrow$ Carga máxima total en el año.

$S_{nom} \rightarrow$ Potencia aparente nominal de un transformador.

$t \rightarrow$ Tiempo de operación.

P_{Fe} : Pérdidas nominales del transformador en el hierro. [3]

Estas pérdidas se pueden considerar aproximadamente constante para los transformadores que posean la misma potencia.

Nota: Si los transformadores no son de la misma potencia, su cálculo es individual y luego se suman

1.7 Conclusiones

Durante el desarrollo del presente capítulo:

- Se realizó un análisis de los trabajos precedentes acerca del tema a tratar.
- Se declaran los conductores a utilizar y los que se orientan por las normas requeridas.
- Se define la conexión del banco de transformadores del área tomada como objeto de estudio.
- Se explicó de manera detallada los conceptos principales para enfrentar el método de estudio de la investigación.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

CAPÍTULO II: MÉTODOS Y MATERIALES

2.1 Introducción

En este capítulo se analizan los métodos y materiales que se utilizan para la realización del trabajo. Se describen las características físicas y eléctricas del área docente del ISMMM en general, Describiremos los instrumentos de medición utilizados en las mediciones ya realizadas, se realizará los cálculos de las pérdidas eléctricas.

2.2 Aspectos teóricos de las variables eléctricas

2.2.1 Potencia Activa

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la que en realidad consumen los circuitos, y en consecuencia, cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda. Se designa con la letra P y se mide en vatios -watt- (W) o kilovatios -kilowatt- (kW.). De acuerdo con la expresión 2.1, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varnothing = I \cdot Z \cdot I \cos\varnothing = I^2 \cdot Z \cdot \cos\varnothing = I^2 \cdot R \quad (2.1)$$

Dónde:

R: Resistencia de circuito (Ω)

I: Intensidad de la corriente eléctrica (A)

U: Tensión o voltaje (V)

Cos $\varnothing$: Factor de potencia

Debido a lo indicado anteriormente se puede plantear que la potencia activa es consecuencia a la presencia de elementos resistivos dentro de la red eléctrica.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

2.2.2 Potencia trifásica

La ecuación 2.2 representa matemáticamente la potencia activa en un sistema trifásico equilibrado (las tres tensiones de fase tienen idéntico valor y las tres intensidades de fase también coinciden) está dada por la ecuación:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi \quad (2.2)$$

Siendo I la intensidad de línea y U la tensión de línea (no deben ser empleados para esta ecuación los valores de fase). Para reactiva y aparente (ver ecuación 2.3 y 2.4):

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\phi \quad (2.3)$$

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad (2.4)$$

2.2.3 Corriente eléctrica

La corriente eléctrica se caracteriza por el movimiento ordenado de partículas cargadas (electrones) a través de un conductor en función del tiempo. Denominándose intensidad de la corriente eléctrica a la magnitud que define la velocidad con la que se mueven esas partículas. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en C/s (culombios sobre segundo), unidad que se denomina amperio.

La ley de Ohm plantea que el valor de la intensidad de la corriente va a ser directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional al valor de la resistencia, como se muestra en la ecuación

$$I = \frac{U}{R} \quad (2.5)$$

2.2.4 Tensión o voltaje

La tensión eléctrica o diferencia de potencial (en algunos países también se denomina voltaje) es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas (Ver 2.6).

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

$$U = I \cdot R \quad (2.6)$$

2.3 Caracterización del banco de transformadores

El banco trifásico que alimenta al área docente del ISMMM (Ver figura 2.1) está compuesto por tres transformadores monofásicos con potencia de 50 kVA. Presenta una conexión estrella aterrada/ estrella aterrada. Por la parte primaria se alimenta del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) por tres líneas de 13,2 kV y por el secundario brinda 0,208 de línea a línea y 0,120 de línea a neutro, alimentando a cuatro totalizadores 1, 2, 3 y 4 (izquierda a derecha) ubicados debajo del banco.

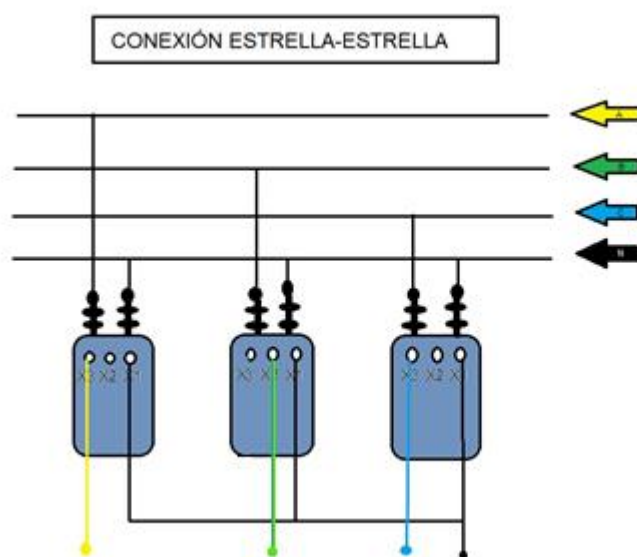


Figura 2.1 Esquema físico del sistema de distribución al bloque docente

El totalizador 1 (Ver anexo 1) abastece a los paneles principales de los edificios de Rectoría, Geología y Minería, el número 2 (Ver anexo 2) alimenta al panel de la facultad de Metalurgia Electromecánica, el taller mecánico se alimenta del desconectivo número 3 (Ver anexo 3) y la planta de beneficios recibe el servicio eléctrico del desconectivo 4 (Ver anexo 3).

El panel correspondiente al edificio de Rectoría brinda servicio bifásico, se encuentra ubicado en el primer piso entre el anfiteatro 1 (mecánica) y el 2 (eléctrica), éste está

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

compuesto por nueve desconectivos: tres semiautomáticos y seis no automáticos. (Ver anexo 4).

En la Facultad de Geología se encuentra ubicado en el primer piso, está conformado por catorce desconectivos, uno no automático y trece semiautomáticos de los cuales tres no tienen cargas conectadas ya que están disponibles para ampliaciones en el circuito. (Ver anexo 4).

En el laboratorio de modelación del edificio de Minería existe el panel correspondiente a esta área el cual cuenta con dieciocho desconectivos los cuales se encuentran casi en su totalidad inoperables. (Ver anexo 4).

Ubicado entre el Centro de Estudios de Energía y Tecnologías de Avanzadas de Moa (CETAM) y el Aula de Posgrado de la facultad de Metalurgia Electromecánica se puede encontrar el panel principal y está estructurado por un breaker principal y 14 interruptores no automáticos, además posee 1 interruptor automático perteneciente al centro de red y 1 no automático para el circuito biblioteca en el edificio de Rectoría. (Ver anexo 4).

2.4 Descripción de los equipos de medición

2.4.1 Multímetro de gancho

El multímetro de gancho PCE-UT232 (Ver Figura 2.2) mejor conocido como Juncómetro fue utilizado para realizar mediciones puntuales en cada una de las fases de los paneles correspondientes a cada edificio del docente. El mismo puede medir el voltaje, la corriente, la potencia aparente, la potencia activa, la potencia reactiva, el factor de potencia, la frecuencia, el ángulo de fase, la energía activa, etc. Este instrumento consta con cuatro conductores de colores rojo, azul, amarillo y negro con su respectiva pinza cada uno las cuales son utilizadas para realizar mediciones del voltaje existente en cada una de las fases conectándose directamente a la fase A, B, C y al Neutro.



Figura 2.2 Multímetro de Gancho

Además está equipado con una tenaza ubicada en la parte superior destinada a medir la intensidad de la corriente, dicha tenaza cuenta con un sensor encargado de detectar el campo magnético que genera la circulación de la corriente por el conductor por lo que no necesitamos tocarlo directamente con la tenaza, sino que simplemente colocando el conductor dentro de la de la tenaza obtenemos buenas mediciones. El operario solo puede colocar un conductor a la vez porque si coloca más de uno la corriente resultante será la suma vectorial de las corrientes que circulan por los conductores y que depende de la relación de fase.

2.4.2 Analizador de redes

El analizador de redes Power Q Plus (Ver figura 2.3) es un instrumento de multifunción portátil para el análisis de la calidad de la energía y las mediciones de eficiencia energética, fue utilizado para realizar mediciones en los diferentes paneles principalmente en el panel principal con intervalos de 15 min. Este instrumento es capaz de medir tensión, corriente, frecuencia, potencia activa (P), potencia reactiva (Q), potencia aparente (S), energía (E), etc; además grafica todas estas magnitudes y el diagrama de fases. El mismo posee las siguientes características:

- 4 canales de tensión con una amplia escala de medición: $0 \div 1000 \text{ Vrms}$, CAT III/1000V.
- 4 canales de tensión con posibilidad de reconocimiento automático de pinzas y selección de escala “en el instrumento”.
- Conformidad con la normativa de calidad de la energía IEC 61000-4-30 Clase S.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

- Perfil del registrador predefinido para inspecciones según la norma EN 50160.
- Mediciones de potencia conforme a las normas IEC 61557-12 e IEEE 1448.
- 8 canales simultáneos - conversión AD de 16 bit para obtener unas mediciones de potencia precisas (error mínimo de variación de fase).
- Registrador potente y fácil de utilizar con 8MB de memoria y posibilidad para registrar 524 firmas de calidad de energía diferente.
- Medición y registro de interarmónicos y señalización de red.



Figura 2.3 Analizador de Redes Power Q Plus

2.5 Métodos de medición empleados

Las mediciones se han realizado de manera que se puede representar considerablemente el comportamiento del consumo de energía eléctrica a partir del banco de transformadores y considerando variados horarios tanto en horario laborable o no laborable. Los equipos de medida se han instalado en un primer tiempo de medición durante una semana de 6:00 AM – 11:00 PM en el registro del banco de transformador. Se establece este horario teniendo en cuenta que siendo una instalación docente, fuera de este rango de tiempo el consumo es mínimo y se mantiene estable.

Luego otra semana en cada registro de los edificios se tomaron otras mediciones simultáneamente para ir definiendo cuál de los tres edificios posee el mayor índice de consumo y en qué horario se conectan las cargas más significativas. A la par se fue realizando un levantamiento de las cargas conectadas en cada panel, donde se

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

recopilaron una serie de problemas que tienden a que ocurran fallas inesperadas y significativas en el sistema de suministro eléctrico en el área tomada como objeto de estudio.

En la figura 2.4 y 2.5 se muestran las mediciones de tensión y corriente realizadas en un día típico en los totalizadores principales 1 y 2 respectivamente. En el panel 1 se puede apreciar como existen valores picos de corriente de 115,8 A en el horario de las 11:00 am y 116,5 A registrado a las 2:15 PM, en el horario de almuerzo comprendido entre las 11:00 y la 1:30, estos valores descienden siendo esto el resultado de las medidas del plan de ahorro, la relevancia de esta gráfica es que mientras las corrientes I_1 e I_3 mantienen altos valores respectivamente iguales la I_2 se mantiene completamente nula en el transcurso de toda la medición comportándose la misma como una de las principales causas del desbalance. En cuanto a la tensión podemos observar las caídas de voltaje de 5 V a 10 V provocado por el alto nivel de carga.

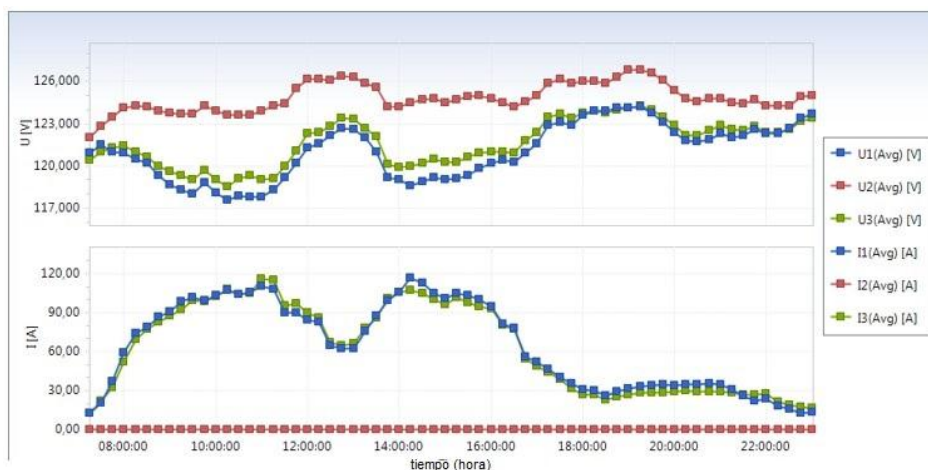


Figura 2.4 Mediciones de tensión y corriente en el totalizador 1

Tomando en cuenta lo expresado por la norma IEEE 1159 se puede plantear el grado de desbalance expresado en porcentaje, en la siguiente tabla se muestran los valores de corriente y tensión en el horario de la 11:00 que es donde existe el consumo pico tomados de la figura 2.1.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Tabla 2.1 Valores de tensión y corriente del totalizador 1 en el horario de mayor consumo.

	Fase A	Fase B	Fase C
Corriente (I)	110,4	0	115,8
Tensión (U_{L-N})	117,8	123,9	119,0

Seguidamente se puede apreciar en el totalizador 2 como la fase B se muestra valores siendo éstos aún reducidos, un ejemplo de esto se puede apreciar en el horario de las 11 donde existen 42,8 A y 95,2 A de diferencia en relación con la fase A y C respectivamente.

En este desconectivo se puede ver como las cargas conectadas al mismo no están cumpliendo con las medidas de ahorro implementadas ya que los valores no descienden significativamente y en el caso de la fase A, el mayor pico es a las 12:00 PM.

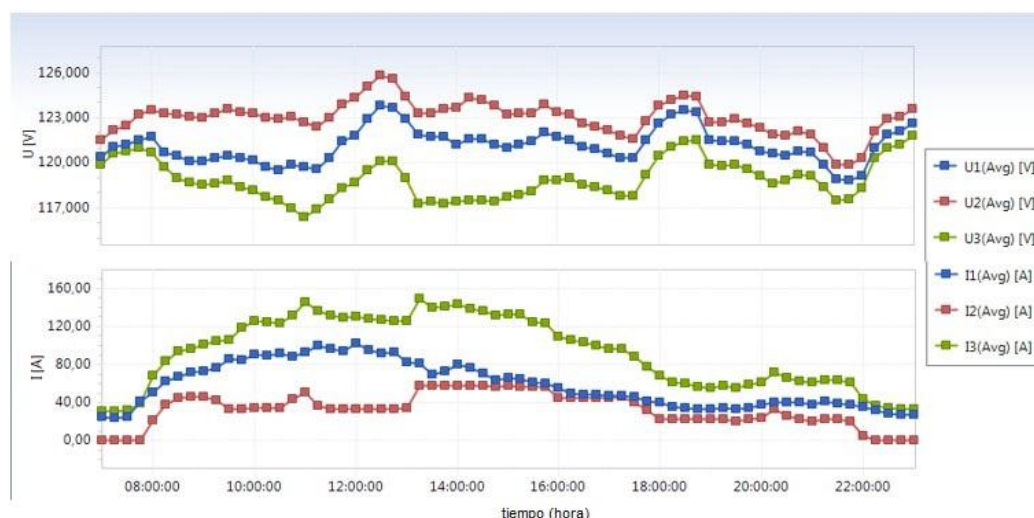


Figura 2.5 Mediciones de tensión y corriente en el totalizador 2

Tabla 2.2 Valores de tensión y corriente del totalizador 2 en el horario de mayor consumo.

	Fase A	Fase B	Fase C
Corriente (I)	81,70	58,0	148,8
Tensión (U_{L-N})	121,9	123,3	117,3

2.6 Mediciones de Potencia Activa

En las figuras 2.6 y 2.7 se representan gráficamente las mediciones de potencia activa pertenecientes a los desconectivos principales 1 y 2 del área docente del ISMMM donde se muestran las potencias por fase y la total.

En el totalizador 1 se puede observar que la potencia total entre la 8:00 y las 14:30 registra los valores más pronunciados llegando a un valor máximo de 25,19 kW en el horario de las 11:00, posteriormente a las 12:45 la gráfica disminuye a 14,99 kW, esto se debe a la desconexión de cargas por el horario de almuerzo. Seguidamente a las 14:15 horas se registra otro valor máximo de 25,16 kW, debiéndose esto al comienzo vespertino del horario docente. En el horario comprendido entre las 19:00 y las 22:00 la gráfica muestra un ascenso debido a la apertura de los laboratorios de informática para tiempo de máquina. Refiriéndose a la potencia por fase se puede observar que P_A y P_C se mantienen en valores aproximados mientras que P_B se mantiene nula en el transcurso de toda la medición.

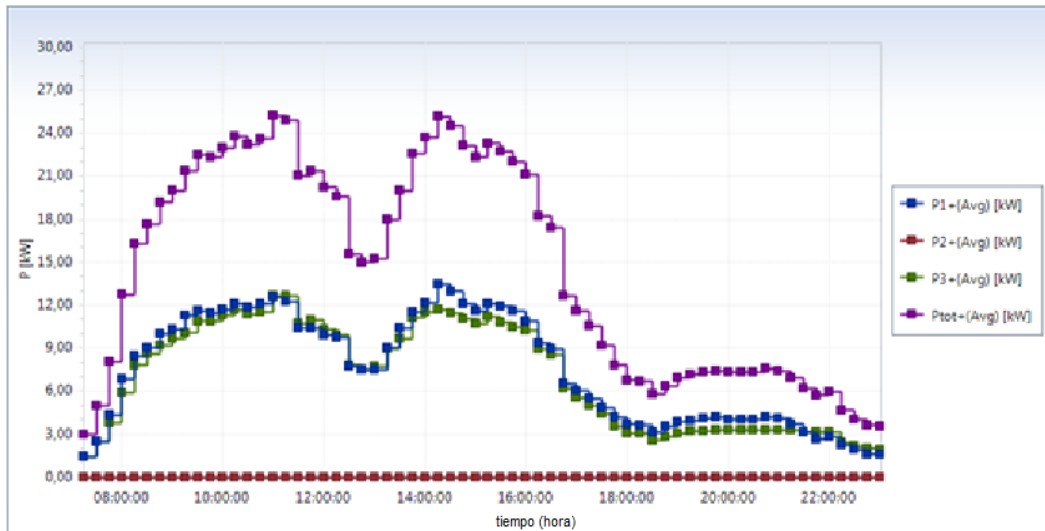


Figura 2.6 Potencia Activa del totalizador 1

En el totalizador 2 los valores más significativos ubican entre las 8:15 y las 17:15 correspondiente al horario docente, los valores máximos de carga se localizan a las 11:00 y 13:15 con valores de 32,06 kW y 32,16 kW respectivamente. En el horario de la noche la mayor carga se registra a las 20:15 con 16,3 kW, esto se debe fundamentalmente al funcionamiento de los laboratorios de informática de la facultad de Metalurgia-Electromecánica, el Laboratorio Central, el Centro de Red y la Biblioteca que son las mayores cargas en operación. En cuanto a las potencias por fases, la P_B aunque inferior a las demás ya no es nula como en el totalizador 1, está en el tiempo comprendido entre 13:15 y 15:45 se mantiene con valores bien constantes mostrando una variación de tan solo 170 W en este intervalo.

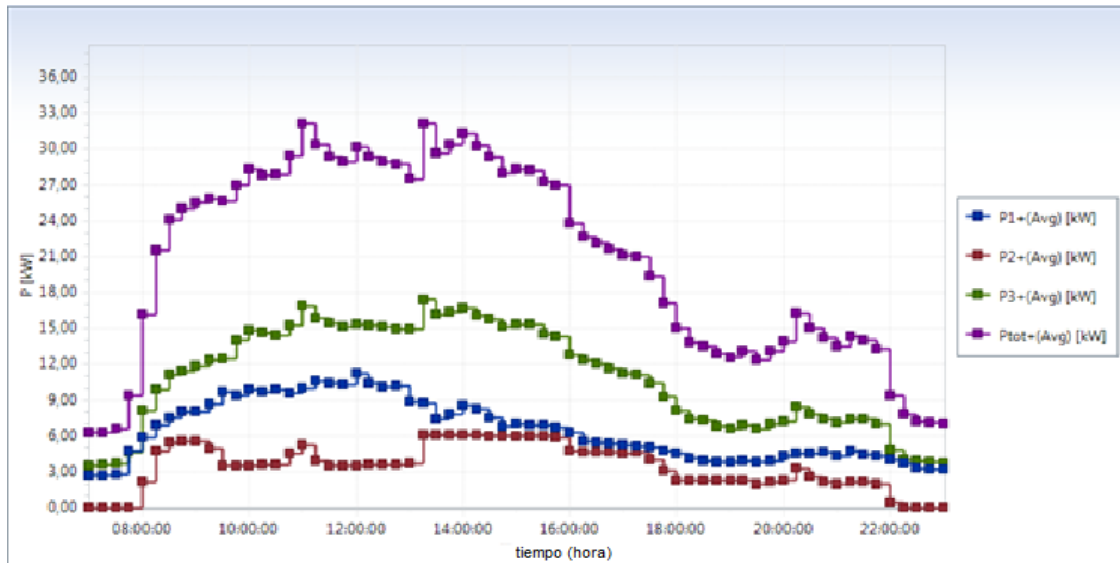


Figura 2.7 Potencia Activa del totalizador 2

En la figura 2.8 se muestran los valores de tensión, corriente, potencia y energía del área docente en un día típico comprendido en el horario de las 7:00 y las 19:00 con un tiempo de medición de 12 horas. Se pueden apreciar las variaciones de estas magnitudes en el transcurso del día.

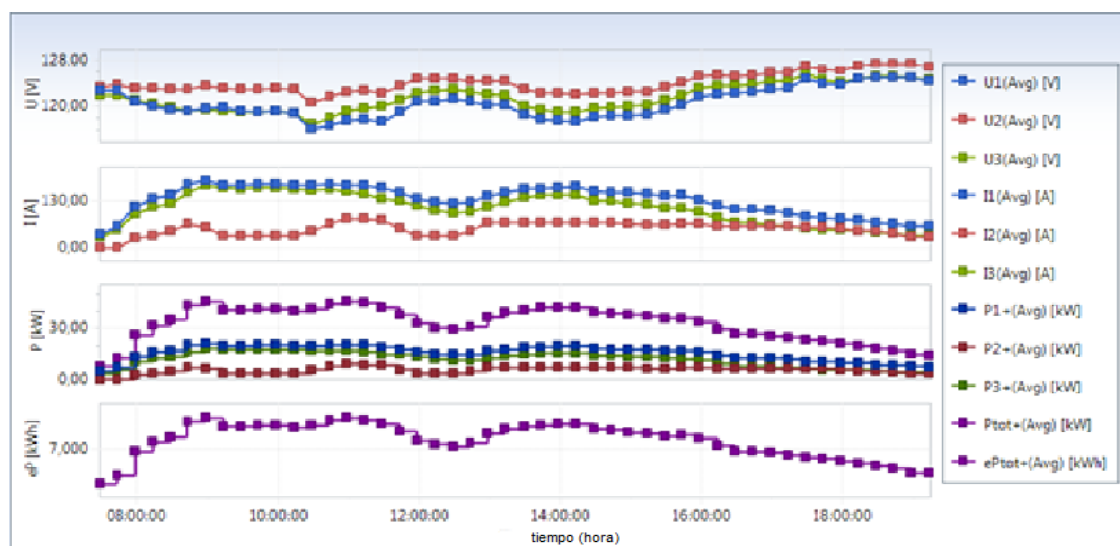


Figura 2.8 Mediciones de tensión, corriente, potencia y energía del docente

Los valores máximos de potencia activa por carga son representados en la figura 2.9 donde se esquematizan las potencias pico registradas en cada edificio del área, en el

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

totalizador 1 y 2 y en el docente en general además del horario que alcanzan dichos valores. El edificio 2 (metalurgia electromecánica) representa la mayor carga alcanzando un valor de 35,27 kW a las 10:25 de la mañana, el totalizador 1 muestra relativamente la misma potencia porque el edificio 2 es la única carga conectada a este desconectivo. Seguidamente se encuentra el docente 4, docente 3 y docente 1 con potencias de 20,43 kW; 9,65 kW y 9,32 kW en los horarios de las 10:55, 11:15 y 10:27 respectivamente.

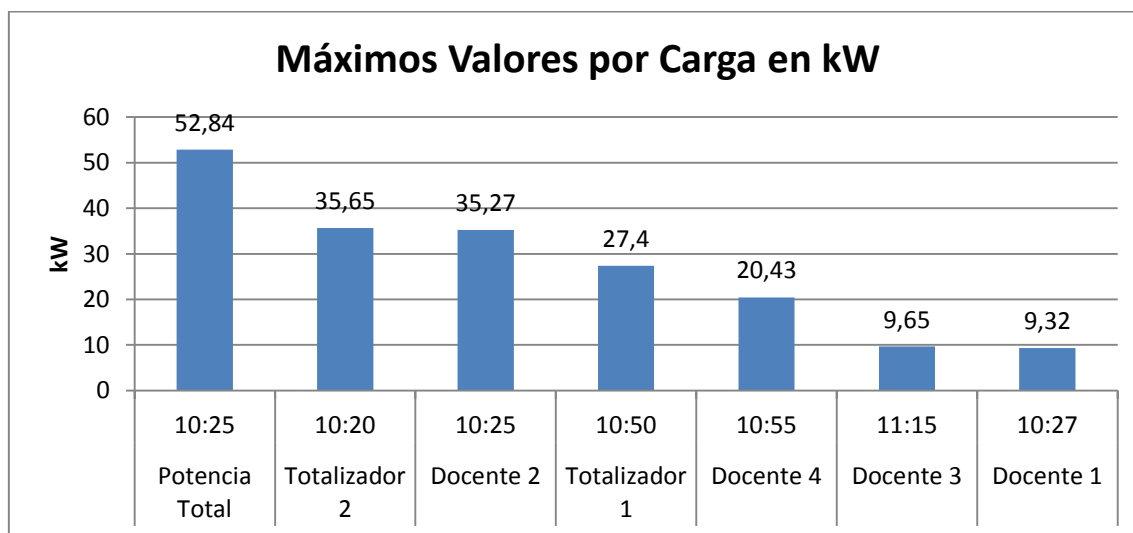


Figura 2.9 Valores máximos de potencia activa por carga.

En la figura 2.10 y 2.11 se representa la potencia activa promedio por fases y el porcentaje que representa con respecto al promedio total. En el desconectivo principal 1 se muestra como las cargas se encuentran localizadas en la fase A con un 51,48 % y la fase C con un 48,52 % y la fase B con 0 % de potencia evidenciándose el desbalance existente.

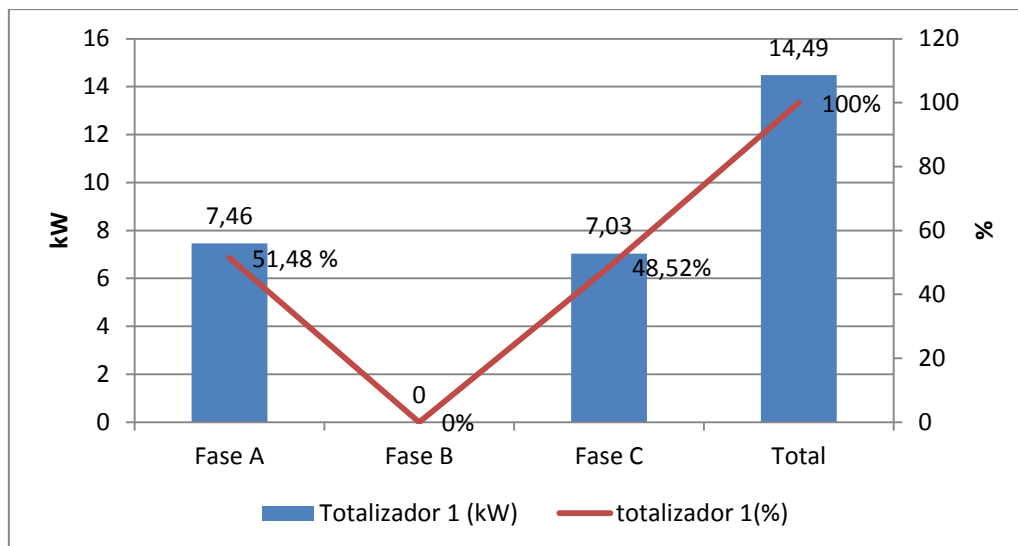


Figura 2.10 Potencia activa promedio por fases en el totalizador 1.

En el totalizador número 2 persiste la mala distribución de las cargas, en la fase A el promedio de potencia es de 6,44 kW representando un 31,07 % de la potencia total, la fase B con 3,42 kW aporta un 16,5 % y la fase C con 10,85 kW, siendo el mayor valor con un 52,34 % del total.

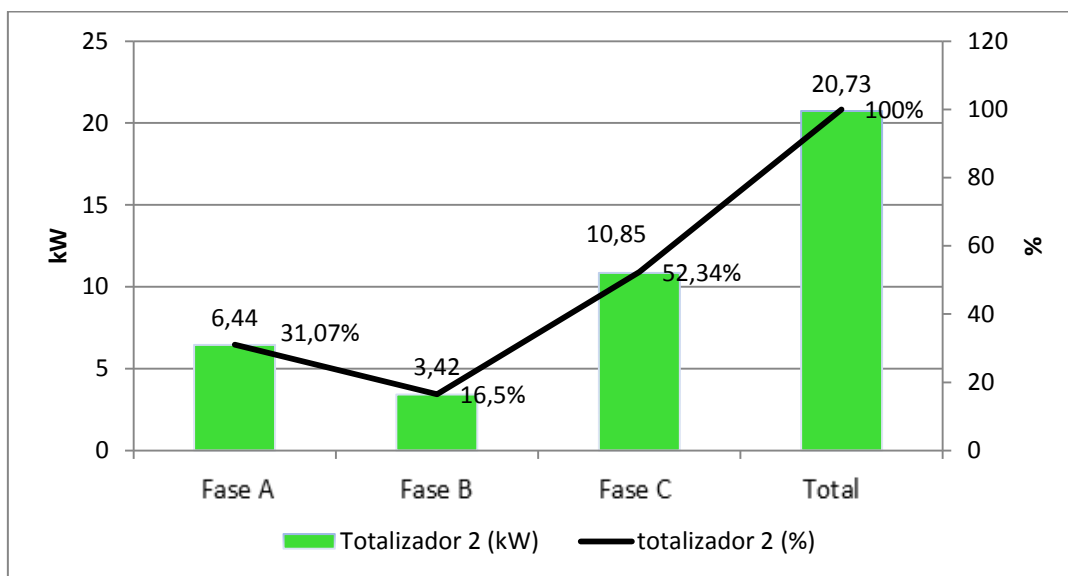


Figura 2.11 Potencia activa promedio por fases en el totalizador 2.

2.7 Estado técnico del sistema de suministro

El sistema de suministro eléctrico de área docente del ISMMM se encuentra en un estado técnico, esto atenta directamente en los índices de consumo. Seguidamente se comenta el estado en que se encuentran algunos componentes del sistema.

Conductores

Los conductores eléctricos se encuentran en mal estado, se evidencia la presencia de conductores sulfatados (Ver Anexo 1 y 4), se pueden observar cables quemados por las altas temperaturas a que son sometidos por un mal acomodo de las cargas (Ver Anexo 4), la presencia de un bajo nivel de aislamiento y empalmes son abundantes, provocando gran número de fallas a tierra ocasionando pérdidas significativas.

Desconectivos

El caso de los desconectivos es problema casi generalizado en el área ya que se evidencia un abundante número de breakers completamente inoperables dejando pasar a la red altos índices de corriente ante la ocurrencia de un cortocircuito en un local provocando daños irreversibles en los conductores, existen alambres sustituyendo los fusibles y ausencia de la tapa que los cubre, muchos se encuentran quemados por cortocircuitos y las altas corrientes circulantes.

Paneles Eléctricos

En el área docente del ISMMM los paneles eléctricos se encuentran en estado crítico. Los problemas más significativos detectados se muestran a continuación:

- El principal no cuenta con puerta de acceso, iluminación, manta dieléctrica.
- Los paneles por edificio no tienen iluminación.
- La puerta de acceso del panel del docente 4 se encuentra en mal estado.
- El panel del docente 3 se encuentra con difícil acceso ya que se encuentra ubicado dentro de un laboratorio que permanece cerrado, es el panel que se encuentra en peor estado en el área.(Ver Anexo 4).

2.8 Cálculo de las pérdidas eléctricas

Para el cálculo de las pérdidas eléctricas se parte de las mediciones puntuales que se realizaron en cada edificio del área docente en los horarios comprendidos entre las 10:00 y las 11:45 am que es el horario de mayor consumo donde se puede apreciar los valores de tensión y corriente, además del número de fases de cada desconectivo y la ubicación de las fases a la entrada de los mismos (izquierda a derecha). Las tablas 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6 muestran el resultado de las mediciones en cada edificio del área docente. En el caso del edificio 3 no se continuó con el análisis porque realizar las mediciones en este panel es extremadamente riesgoso por las condiciones en que se encuentra.

Tabla 2.3 Mediciones puntuales del edificio 1

No	Nombre	Ø	Ubicación de Ø	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	Ua (V)	Ub (V)	Uc (V)
1	Principal	2Ø	a-c	44,7	–	39,1	116,3	–	113,3
2	Primer piso, alumbrado y climatización	2Ø	a-c	0	–	0,9	116,1	–	113
3	Segundo piso	2Ø	a-c	2,7	–	1,3	122,6	–	110,3
4	Tercer piso	2Ø	a-c	0	–	0,6	114,2	–	110,5
5	Cuarto piso	2Ø	a-c	0	–	0	116,3	–	113,3
6	Pasillo y parque	2Ø	a-c	0	–	0	116,1	–	110,3
7	Climatización y pizarra	2Ø	a-c	16,1	–	15,6	111,4	–	118,2
8	Aula Magna	1Ø	a	1	–	–	111,5	–	–
9	–	2Ø	a-c	0	–	0	114,2	–	113,3

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Tabla 2.4 Mediciones puntuales del edificio 2

No	Nombre	Ø	Ubicación de Ø	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	Ua (V)	Ub (V)	Uc (V)
1	Principal	3Ø	c-b-a	107,2	46,9	80,6	110,7	107,2	118
2	–	3Ø	c-b-a	101,4	37,6	59,8	110,6	117,9	120,1
3	–	2Ø	c-a	13,2	–	24,1	108,8	–	119
4	–	3Ø	a-b-c	0	0	0	110,6	117,9	120,1
5	tercer piso	3Ø	a-b-c	14,4	0,9	11,9	123	124,9	110,6
6	tercer piso	3Ø	a-b-c	0	0	1,1	123	124,9	110,6
7	Brigada Especializada	2Ø	a-c	0,8	–	2	108,9	–	120,6
8	Microelectrónica	3Ø	a-b-c	0,6	0	0	120,3	122	109,5
9	Circuito Biblioteca	3Ø	c-b-a	12,2	0	16,2	120,3	122	109,5
10	Mediciones Eléctricas	2Ø	a-c	0	–	12,2	108,9	–	118,3
11	Alumbrado	2Ø	c-a	22	–	3,8	108,9	–	118,3
12	–	3Ø	c-b-a	25,1	0,6	4,9	111,6	125,1	122,6
13	–	3Ø	c-b-a	2,2	12,4	1,9	110,6	117,9	120,1
14	–	3Ø	c-b-a	0,6	0	0	110,7	107,2	118
15	–	3Ø	c-b-a	10,1	10,4	0	108,9	110,6	118,3
16	Centro de Red	2Ø	c-a	16,5	–	11,1	108,9	–	120,6

Tabla 2.5 Mediciones puntuales del edificio 3

No	Nombre	Ø	Ubicación de Ø	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	Ua (V)	Ub (V)	Uc (V)
1	Principal	3Ø	a-b-c	44	0	39,3	117	128,3	110
2	PA1, PA2 y PA3	3Ø	c-b-a	33,4	0	19,4	117	128,3	110

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Tabla 2.6 Mediciones puntuales del edificio 4

No	Nombre	Ø	Ubicación de Ø	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	Ua (V)	Ub (V)	Uc (V)
1	Principal	3Ø	a-b-c	103,3	0	95,7	108,1	119,8	115
2	–	3Ø	a-b-c	6,6	0	5,7	108,1	118	117,2
3	–	3Ø	a-b-c	27,8	0	25,9	109,5	119	116,3
4	Segundo piso	3Ø	a-b-c	5,4	0	3	108,6	117	118
5	–	2Ø	a-c	–	–	–	–	–	–
6	–	2Ø	a-c	–	–	–	–	–	–
7	Tercer piso	3Ø	a-b-c	0	0	0,9	108,8	117,7	116,9
8	Cuarto piso	2Ø	c-a	32	–	26,2	108,2	118,5	115,9
9	Primer piso	2Ø	a-c	1,3	–	3,2	110,9	117,3	117,4
10	–	3Ø	a-b-c	0	0	0	112,1	120	116,9
11	–	3Ø	a-b-c	0	0	0	113	119,6	116,3
12	–	3Ø	a-b-c	9,1	0	9,4	115	120,5	117
13	–	3Ø	a-b-c	0	0	0	114,3	119,3	117,8
14	–	3Ø	a-b-c	–	–	–	–	–	–

Se determinó el calibre de los conductores teniendo como resultado que el área es de 132.7 mm² y a partir de ahí se calcularon todas las pérdidas eléctricas. Luego se analizó la propuesta de reestructuración de las cargas y se calculó de nuevo las pérdidas eléctricas para observar el comportamiento del antes y después de las pérdidas.

Para el cálculo se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$R = \frac{(\rho * L)}{A} \quad (2.7)$$

Dónde:

R es Resistencia eléctrica del conductor (Ohm/km),

ρ es la resistividad lineal del conductor y se determina mediante unas tablas teniendo en cuenta el material del conductor,

L es la longitud del conductor,

A es el área de la sección del conductor.

$$P = I^2 * R \quad (2.8)$$

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Dónde:

P son las pérdidas eléctricas,

R es la resistencia eléctrica del conductor,

I es la corriente eléctrica.

Tabla 2.7 Valores de resistencia de los conductores en el edificio 1

Edificio número 1	
Locales	Resistencia (Ω)
Principal	0,19
Primer piso	0,059
Segundo piso	0,098
Tercer piso	0,101
Cuarto piso	0,104
Pasillo y parque	0,063
Climatización y pizarra	0,033
Aula magna	0,038

Tabla 2.8 Valores de resistencia de los conductores en el edificio 2

Edificio número 2	
Locales	Resistencia (Ω)
Principal	0,09
Primer piso	0,09
-	0,01
Tercer piso	1,01
Brigada especializada	0,02
Microelectrónica	0,01
Circuito-biblioteca	0,15
Mediciones eléctricas	6,48*E-3
Alumbrado	0,03

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

-	7,77*E-3
-	0,029
-	0,027
Laboratorio central	0,03
Centro de red	0,04

Tabla 2.9 Valores de resistencia de los conductores en el edificio 3

Edificio número 3	
Locales	Resistencia (Ω)
Principal	0,207
PA1, PA2, PA3	0,032

Tabla 2.10 Valores de resistencia de los conductores en el edificio 4

Edificio número 4	
Locales	Resistencia (Ω)
Principal	0,32
-	0,01
-	0,01
Segundo piso	0,09
Tercer piso	0,10
Cuarto piso	0,10
Primer piso	0,09
-	0,015

2.8.1 Pérdidas eléctricas antes del balance de carga

Teniendo en cuenta las ecuaciones elementales presentadas en el epígrafe 2.8 se determinaron las pérdidas eléctricas antes y después de haber propuesto un posible balance de carga. Los resultados que muestran las tablas 2.11, 2.12, 2.13, 2.14 y

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

2.15 son antes de la propuesta del balance de carga, y desde la tabla 2.16, 2.17, 2.18, 2.19 y 2.20 después de la propuesta respectivamente.

Tabla 2.11 Valores de pérdidas en el edificio 1

Edificio número 1			
Locales	Pérdidas de la fase A (W)	Pérdidas de la fase B (W)	Pérdidas de la fase C (W)
Principal	379,63	-	290,47
Primer piso	0	-	0,047
Segundo piso	0,714	-	0,165
Tercer piso	0	-	0,036
Cuarto piso	0	-	0
Pasillo y parque	0	-	0
Climatización y pizarra	9,849	-	9,24
Aula magna	0,033	-	0
Total	390,226	0	299,958

Tabla 2.12 Valores de pérdidas en el edificio 2

Edificio número 2			
Locales	Pérdidas de la fase A (W)	Pérdidas de la fase B (W)	Pérdidas de la fase C (W)
Principal	1034,26	197,96	584,67
Primer piso	925,37	127,23	321,84
-	1,742	0	5,808
Tercer piso	209,43	0,818	143,026
Brigada especializada	0,0128	0	0,08
Microelectrónica	0,0036	0	0
Circuito-biblioteca	22,32	0	39,36
Mediciones eléctricas	0	0	0,964

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Alumbrado	14,52	0	0,433
-	4,851	0,00277	0,184
-	0,14	4,459	0,104
-	0,00972	0	0
Laboratorio central	3,06	3,244	0
Centro de red	10,89	0	4,928
Total	2226,60912	333,71377	1101,397

Tabla 2.13 Valores de pérdidas en el edificio 3

Edificio número 3			
Locales	Pérdidas de la fase A (W)	Pérdidas de la fase B (W)	Pérdidas de la fase C (W)
Principal	400,75	-	319,7
PA1, PA2, PA3	35,69	-	12,04
Total	436,44	0	331,74

Tabla 2.14 Valores de pérdidas en el edificio 4

Edificio número 4			
Locales	Pérdidas de la fase A (W)	Pérdidas de la fase B (W)	Pérdidas de la fase C (W)
Principal	3414,68	-	2930,71
-	0,435	-	0,324
-	7,728	-	6,708
Segundo piso	2,624	-	0,81
Tercer piso	0	-	0,081
Cuarto piso	102,4	-	68,64
Primer piso	1,521	-	9,216
-	1,242	-	1,325

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Total	3530,63	0	3017,814
-------	---------	---	----------

Tabla 2.15 Valores de pérdidas totales por fase

Totales	Fase A	Fase B	Fase C	Total
Pérdidas	6583,905	333,7138	4750,909	11668,53

Tabla 2.16 Valores de pérdidas en el edificio 1

Edificio número 1			
Locales	Pérdidas de la fase A (W)	Pérdidas de la fase B (W)	Pérdidas de la fase C (W)
Principal	379,63	0	290,47
Primer piso	0	0	0,047
Segundo piso	0,714	0	0,165
Tercer piso	0	0	0,036
Cuarto piso	0	0	0
Pasillo y parque	0	0	0
Climatización y pizarra	9,849	0	9,247
Aula magna	0,033	0	0
Circuito biblioteca	22,32	0	39,366
Centro de red	8,167	0	3,696
Laboratorio central	4,08	4,326	0
Total	424,793	4,326	343,027

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Tabla 2.17 Valores de pérdidas en el edificio 2

Edificio número 2			
Locales	Pérdidas de la fase A (W)	Pérdidas de la fase B (W)	Pérdidas de la fase C (W)
Principal	1034,26	197,96	584,67
Primer piso	925,37	127,23	321,84
-	0	1,74	5,808
Tercer piso	83,038	81,81	81,81
Brigada especializada	0,0128	0	0,08
Microelectrónica	0,0036	0	0
Mediciones eléctricas	0	0,233	0,249
Alumbrado	4,99	0,433	2,484
-	0,801	0,801	0,801
-	0,725	0,975	0,942
-	0,00972	0	0
Total	2049,21012	411,182	998,684

Tabla 2.18 Valores de pérdidas en el edificio 3

Edificio número 3			
Locales	Pérdidas de la fase A (W)	Pérdidas de la fase B (W)	Pérdidas de la fase C (W)
Principal	180,14	124,25	177,7
PA1, PA2, PA3	35,69	0	12,04
Total	215,83	124,25	189,74

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Tabla 2.19 Valores de pérdidas en el edificio 4

Edificio número 4			
Locales	Pérdidas de la fase A (W)	Pérdidas de la fase B (W)	Pérdidas de la fase C (W)
Principal	3414,68	0	2930,71
-	0,168	0,168	0,168
-	0	7,728	6,708
Segundo piso	2,624	0,81	0
Tercer piso	0	0	0,081
Cuarto piso	0	102,4	68,64
Primer piso	1,521	0	9,216
-	1,215	0	1,325
Total	3420,208	111,106	3016,848

Tabla 2.20 Valores de pérdidas totales por fase

Totales	Fase A	Fase B	Fase C	Total
Pérdidas (W)	5685,248	646,538	4205,319	10537,11

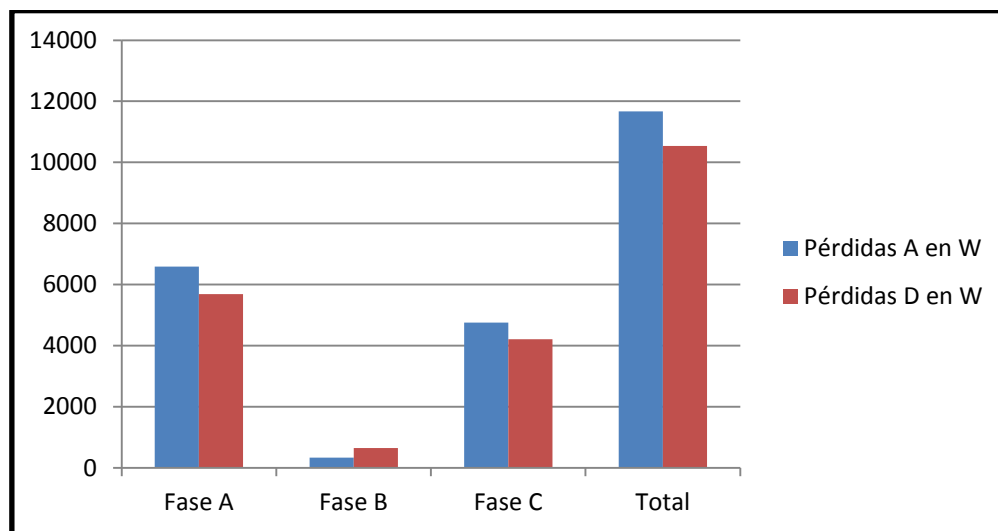


Figura 2.12 Comparación de las pérdidas antes (A) y después (D) del desbalance.
Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Como se puede observar en la figura anterior después del correcto balance de carga se reduce en un porcentaje considerable el número de pérdidas eléctricas en el sistema de suministro eléctrico del área docente en el ISMMM.

2.9 Conclusiones

- Se realiza una descripción del suministro eléctrico del área tomada como objeto de estudio.
- Se relacionan los equipos de medición utilizados.
- Se caracterizó el estado técnico del sistema de suministro.
- Se determinaron las pérdidas eléctricas.

CAPÍTULO 3: Análisis de los resultados de la investigación.

3.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo mostrar los resultados de la investigación, así como la solución a cada una de las tareas realizadas. Se propondrán soluciones referidas al desbalance de las cargas, además de medidas organizativas con respecto al tema.

3.1 Evaluación del consumo de energía eléctrica en el área docente

La tabla 3.1 muestra los datos del comportamiento promedio de la energía consumida en un día típico en el banco de transformadores general del área docente. Estos valores son determinados con las mediciones realizadas con el analizador de redes Power Q Plus.

Tabla 3.1 Promedio de energía consumida en un día típico.

Consumo (kWh)		
Horario	Totalizador 1	Totalizador 2
7:00-8:00	7,179	9,601
8:00-9:00	18,276	24,023
9:00-10:00	22,278	26,671
10:00-11:00	23,956	29,316
11:00-12:00	21,898	29,706
12:00-13:00	16,344	28,593
13:00-14:00	21,075	30,871
14:00-15:00	23,761	28,971
15:00-16:00	22,301	26,558
16:00-17:00	14,983	21,846
17:00-18:00	8,562	18,126
18:00-19:00	6,419	13,209
19:00-20:00	7,306	13,081

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

20:00-21:00	7,394	14,744
21:00-22:00	6,204	12,731
22:00-23:00	3,961	7,301
Total	231,897	335,348

La tabla 3.2 recoge el consumo de energía (kWh) por meses en el año 2014 correspondiente al área docente, donde se muestra el plan mensual, el consumo real, lo dejado de consumir y el porciento de cumplimiento que representa respecto al plan.

Tabla 3.2 Consumo de energía del año 2014.

Meses	Plan	Consumo	Deja de Consumir	Cumplimiento
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	%
Enero	21700	18998	2702	87,5
Febrero	21600	20759	841	96,1
Marzo	21600	20921	679	96,9
Abril	19495	17172	2323	88,1
Mayo	22060	21512	548	97,5
Junio	24010	24102	-92	100,4
Julio	23700	19179	4521	80,9
Agosto	8130	9424	-1294	115,9
Septiembre	24460	23926	534	97,8
Octubre	23000	23217	-217	100,9
Noviembre	20400	17859	2541	87,5
Diciembre	19000	14797	4203	77,9
Total Año	249155	231866	17289	93,1

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

La figura 3.1 muestra el consumo histórico del ISMMM en los años comprendidos entre el 2007 hasta el 2014 donde se observan las variaciones en el transcurso de los años.

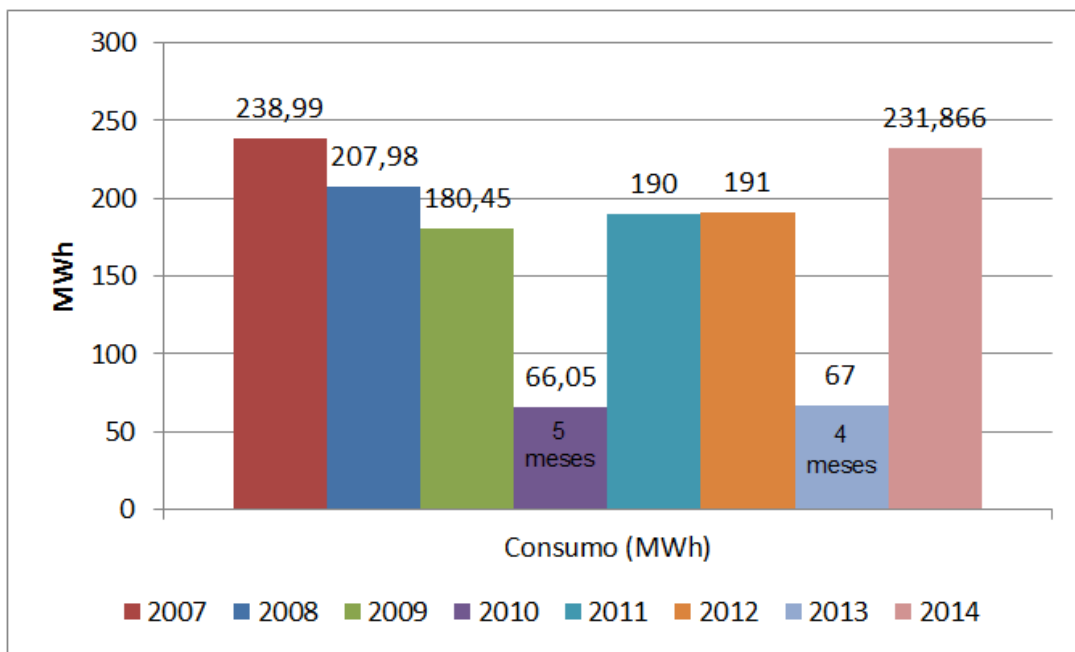


Figura 3.1 Histórico del consumo de energía.

3.2 Esquema monolineal del área docente del ISMMM.

El esquema monolineal mostrado en la figura 3.2 es el resultado del levantamiento realizado en el área. Este se llevó a cabo a razón de la inexistencia de una representación actualizada en las oficinas de inversiones del centro que abarcara las cargas conectadas a cada panel, los esquemas anteriores solo lo hacían hasta nivel de edificio. Los mismos no se encuentran en formato digital, esto lo hace engorroso a la hora de chequearlos para realizar alguna acción por parte de la brigada de mantenimiento.

A través del esquema se puede percibir cómo se encuentra distribuido el sistema de distribución eléctrica a las distintas áreas, con su comienzo desde el SEN alimentando al banco de transformadores del área docente. Del banco de

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

transformadores se alimentan los interruptores no automáticos generales (1, 2, 3 y 4) correspondientes al panel principal.

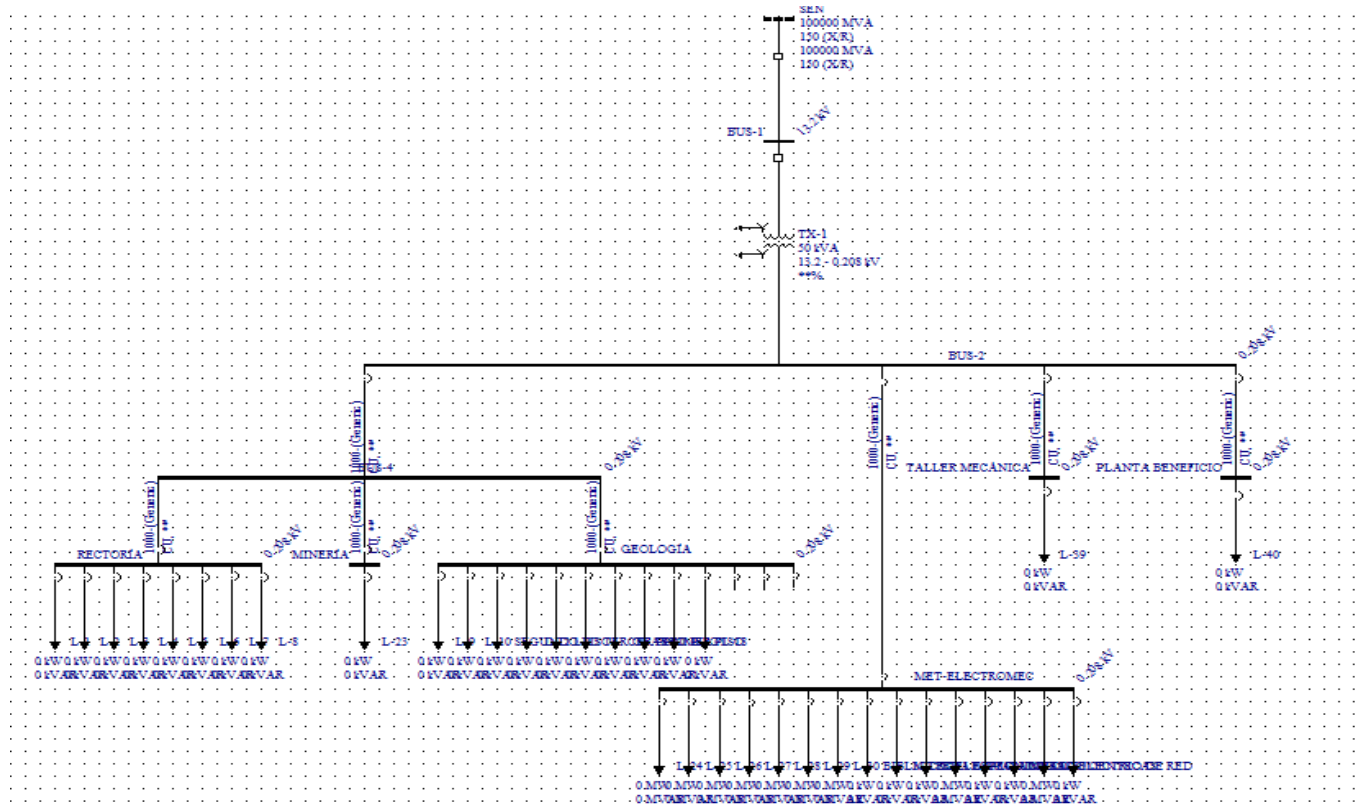


Figura 3.2 Esquema monolineal del ISMMM.

3.2.1 Principales deficiencias

En el área existen numerosas deficiencias, seguidamente se hará énfasis las más significativas detectadas en los estudios realizados.

Banco de transformadores

La pequeña tabla mostrada a continuación recoge los valores de tensión de línea-línea del banco en un horario de máximo consumo donde se pueden apreciar las caídas de tensión provocadas por el alto nivel de carga existente en este horario, además se puede apreciar el efecto que provoca el alto desbalance en las cargas en los transformadores. Estos voltajes influyen directamente en la eficiencia de los equipos eléctricos del área.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Tabla 3.3 Tensiones de línea-línea del banco de transformadores.

Símbolo	Nombre	L ₁₋₂	L ₂₋₃	L ₃₋₁	Unidad
U	Tensión	208,39	204,27	197,83	V

Pérdidas por calentamiento

Son considerablemente notables las altas temperaturas presentes en conductores y desconectivos trayendo consigo numerosas pérdidas por calentamiento, además del deterioro gradual del aislamiento de los conductores y ruptura de los dispositivos de protección provocando la disminución del tiempo de vida útil de los elementos que componen la red eléctrica.

Desconectivos

Existe un gran número de desconectivos en mal estado técnico en el sistema de suministro eléctrico del docente del ISMMM, además muchos se encuentran puenteados o con alambres sin calibración sustituyendo los fusibles ocasionando que ante la ocurrencia de una falla o cortocircuito sean incapaces de operar y así aislar un local o subcircuito determinado del suministro eléctrico y evitar que la falla se incremente y ocasione daños irreversibles en conductores, equipos (cargas), etc.

3.3 Posibles soluciones

Posteriormente a ser ejecutada la reestructuración de las cargas la situación de las caídas constantes de tensión se debe coordinar con la Empresa Eléctrica para revisar el cambia tap de los transformadores para elevar los niveles de voltaje, en caso de que el problema persista o no se pueda llevar a cabo esta acción por algún motivo se recomienda sustituir el banco colocando tres nuevos transformadores de 220/120 V, es decir con tensiones de 220 V de línea-línea y 120 V de línea-neutro.

En cuanto a los desconectivos, urge en el menor tiempo posible realizar un mantenimiento a escala global, es decir a cada desconectivo que componen el sistema eléctrico del área docente desde los interruptores por local hasta los totalizadores ubicados en el panel principal y tener en cuenta fundamentalmente los siguientes aspectos:

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

1. Estado técnico de los desconectivos (en caso de ser necesario remplazarlo con uno nuevo o en buen estado que se adecúe a las corrientes nominales que circulan por el mismo).
2. Conductores con bajo o nulo nivel de aislamiento.
3. Prestarle la debida atención a los conductores sulfatados y corregir esta situación.
4. Sustituir los fusibles en mal estado y los alambres sin calibración por fusibles que se ajusten a cada área.
5. Revisar los soportes de los paneles.
6. Notificar las cargas conectadas a cada desconectivo.
7. Realizar una reparación capital al panel del edificio de minería que por su estado (crítico) se encuentra en juego el suministro de esta área y las cargas conectadas a él. (Ver Anexo 4)

3.4 Propuesta para una reestructuración de las cargas

Esta reestructuración se realizó teniendo en cuenta los nombres de los desconectivos recopilados de las tablas del epígrafe 2.8 y son el resultado de un análisis ejecutado posteriormente de ser realizadas las mediciones, cabe aclarar que los valores de corrientes son en el horario de mayor consumo.

Docente 1

1. El circuito de distribución de la biblioteca, 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.
2. Añadir la fase B al panel del edificio 2 para una mejor distribución de las cargas monofásicas.

Docente 2

1. En el desconectivo 2Ø ubicado a la derecha superior del principal conectar las cargas de la fase A a la B.
2. En el desconectivo 3Ø correspondiente al tercer piso conectar a la fase B el 36,8 % de las cargas de la fase A, las equivalentes a 5,3 A de corriente y el 23,5 % de las cargas de la fase C correspondientes a 2,8 A.
3. En el desconectivo 2Ø correspondiente al laboratorio de Mediciones Eléctricas sustituir la fase A por la B y distribuir el 50 % de las cargas conectadas en la fase C hacia la B equivalentes a 6 amperes aproximadamente.
4. En el desconectivo 2Ø nombrado como alumbrado sustituir la fase C por la B y conectarle el 41,4 % de las cargas de la fase A hacia la B equivalente a 9,1 A.
5. En el desconectivo 3Ø ubicado debajo del laboratorio de Mediciones Eléctricas desplazar de la fase A hacia la B las cargas equivalentes 9,6 A y 5,3 A a la C aproximadamente.
6. En el desconectivo 2Ø correspondiente al Centro de Red sustituir la fase A por la B.

Docente 3

1. En el desconectivo principal mover el equivalente a 2 kW y 1,2 kW de las fases A y C respectivamente hacia la fase B

En este caso no se continuó con el análisis porque realizar las mediciones en este panel es extremadamente riesgoso por las condiciones en que se encuentra.

Docente 4

1. En el desconectivo 3Ø localizado a la izquierda del principal reubicar las cargas equivalentes a 2,5 A de la fase A y 1,6 A de la fase C hacia la B.
2. En el desconectivo 3Ø ubicado a la izquierda del anterior alternar la fase B con la A.
3. En el desconectivo 3Ø del segundo piso sustituir la fase B por la C.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

4. En el desconectivo de cuarto piso colocar la fase B en el lugar que ocupa la A y esta desplazarla a la B.

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

Si existiera una conciencia de ahorro de energía tanto por el personal docente como no docente no existirían los elevados índices de consumo en el horario laboral representados en el capítulo 2. Partiendo de este análisis a continuación son mostradas las distintas propuestas de medidas para garantizar una explotación más eficiente del sistema eléctrico.

1. No violar los horarios establecidos para la conexión y desconexión de los equipos eléctricos.
2. Aprovechar al máximo la luz solar como forma de iluminación.
3. Colocar horarios para la conexión de cargas potentes distribuyéndolas a lo largo del horario docente para lograr que el menor número de ellas se encuentren conectadas al unísono.
4. Respetar el horario de almuerzo desconectando el mayor número de cargas conectadas innecesariamente.
5. En el horario nocturno no dejar locales encendidos sino se trabaja en ellos.
6. Conexión de contadores de energía en los paneles principales de cada edificio del área, con el fin de racionalizar el consumo de energía eléctrica.
7. Utilizar formas de generación eléctricas alternativas con el objetivo de reducir el consumo de energía del SEN.
8. Apagar los monitores y ordenadores cuando no se estén utilizando.
9. Establecer periódicamente el control de la carga instalada en general y por edificios, en función de la capacidad del Banco de Transformadores del docente.
10. Otras.

Medidas técnicas organizativas para mejorar la eficiencia del sistema de iluminación

1. Continuar con el uso de lámparas de bajo consumo (de ser posible instalar lámparas led).
2. Utilización de pantallas reflectoras en las lámparas de 32 W.
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. Instalar sistemas automáticos de desconexión de circuitos, mediante fotoceldas para control luminoso especialmente donde puede aprovecharse la luz natural.
7. Implementación de programas de encendido y apagado del alumbrado en oficina después de la jornada laboral en el área docente.

3.6 Valoración económica

Las labores de reestructuración de las cargas en los paneles correspondientes al circuito eléctrico perteneciente al área docente del ISMMM y de mantenimiento de los desconectivos existentes son libres de costos ya que pueden llevarse a cabo por los técnicos electricistas y especialistas de la brigada de mantenimiento del instituto ya que cuentan con el conocimiento necesario para esta tarea. En ocasiones estos podrían ser apoyados por el departamento de Ingeniería eléctrica de la Facultad Metalurgia Electromecánica del centro. A pesar de no haberse determinado una valoración económica como tal se pueden relacionar ciertas ventajas que traería como resultado este tipo de reestructuración.

1. Se eliminaría en su mayor parte el calentamiento en los conductores y desconectivos de los registros.
2. Se reduce el consumo ya sea por pérdidas producto al mal estado de los conductores y desconectivos de los registros.
3. Mejoraría el factor de potencia del banco de transformadores.
4. Disminuirían las caídas de tensión en las fases.

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

5. Se facilita el trabajo del técnico o especialista encargado de manipular los desconectivos de los paneles eléctricos para realizar operaciones necesarias.
6. El funcionamiento estable del sistema de suministro eléctrico estará dado a partir de un correcto balance de carga.
7. Se evitarían posibles roturas de medios o equipos en los locales como computadoras, equipos de laboratorio y climatización, etc.
8. Permitiría elaborar un plan de consumo de energía más real.
9. El índice de consumo sería más racional para poder cumplir el plan.

Para llevar a cabo la propuesta de instalación del tercer alimentador en el edificio #1, se necesitan 130 m de conductores calibre 6 con un diámetro de 13,3 mm. En el mercado interno, el precio del tipo de conductor seleccionado es de 0,89 CUC/m; por tanto el importe total es de 115,70 CUC.

3.7 Conclusiones

- Se analizó el consumo de energía en el área.
- Se realizó un levantamiento de las cargas.
- Se conformó el esquema monolineal.
- Se evaluaron las principales deficiencias y se elaboraron posibles soluciones.
- Se hizo la propuesta de una restructuración de las cargas.
- Se plantearon un conjunto de medidas reducir el consumo mediante el ahorro energético.

CONCLUSIONES GENERALES.

- Se estableció la base teórica para el desarrollo del trabajo de diploma.
- 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 de mantenimiento y muchos de sustitución.
- Se determinó el nivel de las pérdidas eléctricas actuales y posteriores de la variante analizada.
- Se pudo determinar que el balance de carga es la variante más factible desde el punto de vista técnico-económico ya que se obtiene una reducción de pérdidas eléctricas.
- Se elaboró un conjunto de medidas para garantizar una explotación más racional del sistema con el ahorro energético.

RECOMENDACIONES

- Poner en práctica los resultados de este trabajo en el área docente.
- 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.
- Seguir atentamente el comportamiento de las cargas por fases.
- Implementar el plan de medidas propuestos para reducir los índices de desbalance.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. N. Y. Pérez Mustelier Alex "Evaluación de Gestión Energética del ISMMM y determinación de los indicadores de consumo del portador de electricidad y agua. Tesis de grado. ISMMM Dr ANJ " 2006.
- [2] P. M. Dixan, "Estructura y comportamiento actual del sistema de distribución eléctrico en el área de la residencia del ISMMM. Tesis de Grado. ISMMM Dr ANJ " 2008.
- [3] P. M. Danny, "Estructura y comportaminto actual del sistema de distribución electrico en el área docente del ISMMM. Tesis de Grado. ISMMM Dr ANJ.," 2008.
- [4] G. C. Reinier, "Diagnóstico energético en el área de residencia del ISMMM. Tesis de Grado. ISMMM Dr ANJ," 2009.
- [5] G. B. A. René, "Diagnóstico enérgetico en el área docente del ISMMM. Tesis de Grado. ISMMM Dr ANJ," 2010.
- [6] L. J. A. Lázaro, "Norma de Gestión Enérgetica para el ISMMM a partir de la Norma Internacional ISO 50001. Tesis de Grado. ISMMM Dr ANJ," 2014.
- [7] L. G. Alcides, "Ánalis para la disminución de pérdidas eléctricas en los circuitos Báguano 1 y 2. Tesis de Grado. ISMMM. Dr ANJ.," 2014.
- [8] F. M. R. Gustavo, "Reducción de pérdidas eléctricas en el circuito de distribución primario de Guerrita, municipio Mayarí. Tesis de Grado. ISMMM Dr ANJ," 2014.
- [9] M. N. L. Jorge, "Balance de carga en el banco de transformadores del área docente del ISMMM. TT Tesis de Grado. ISMMM. Dr ANJ," 2015.
- [10] "<http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria>eléctricay electrónica/conductores eléctricos.."

ANEXOS:

Anexo #1

Totalizador 1 del panel principal



Alambre en lugar de fusibles

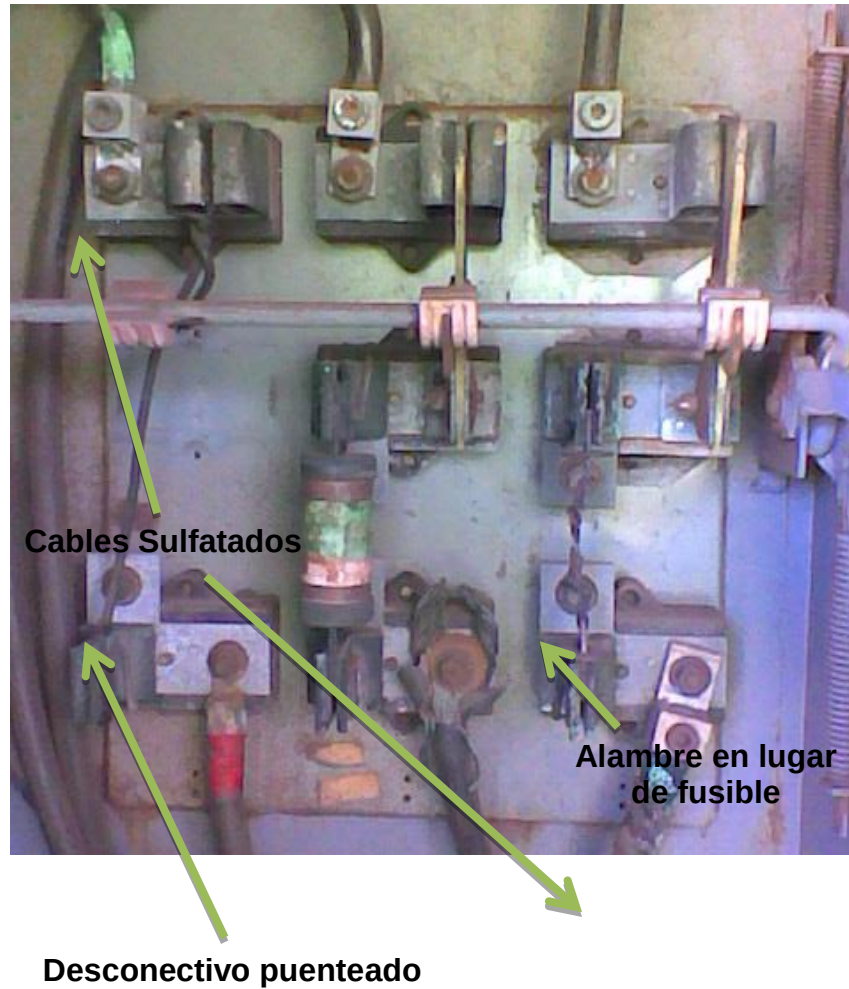
Conductor sulfatado

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Anexo # 2

Totalizador 2 del panel principal

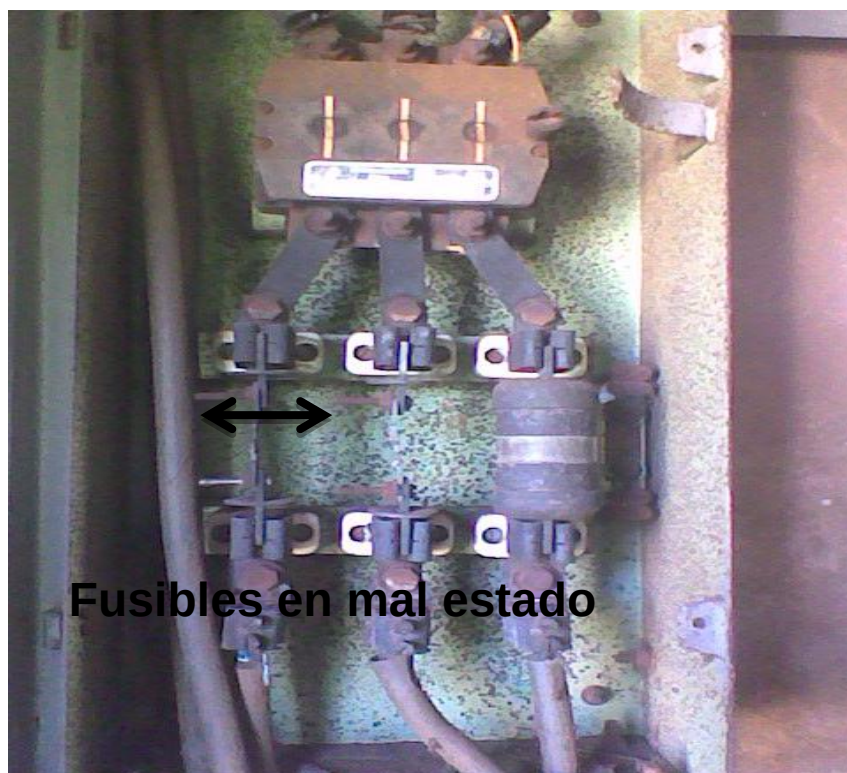


Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

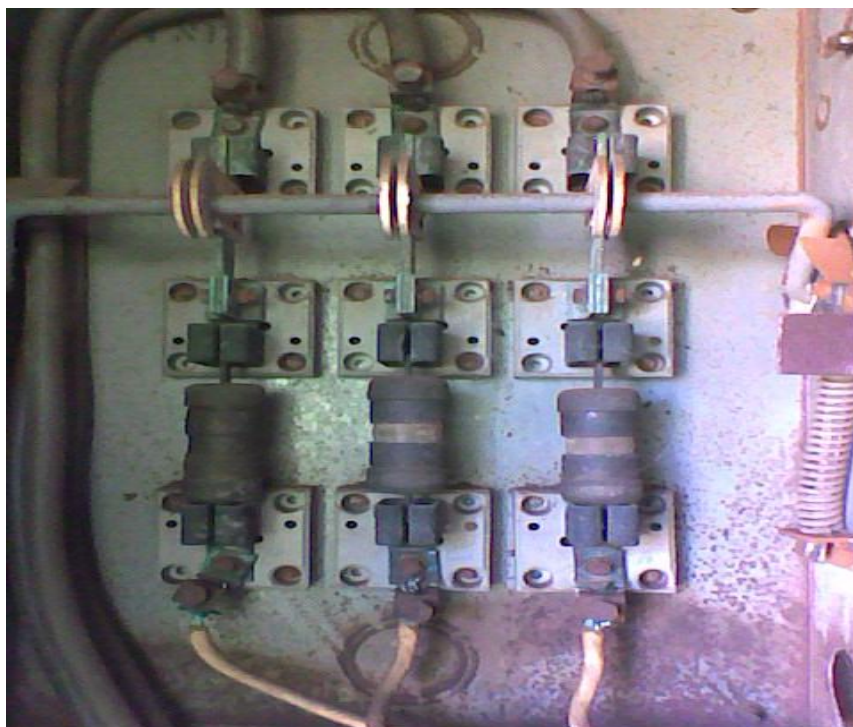
Autor: Lizandra Pino Chaveco

Anexo #3

Totalizador 3 y 4 del panel principal



3



Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Anexo #4

Paneles por edificio



Docente 1

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco



Docente 2



Docente 4

Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

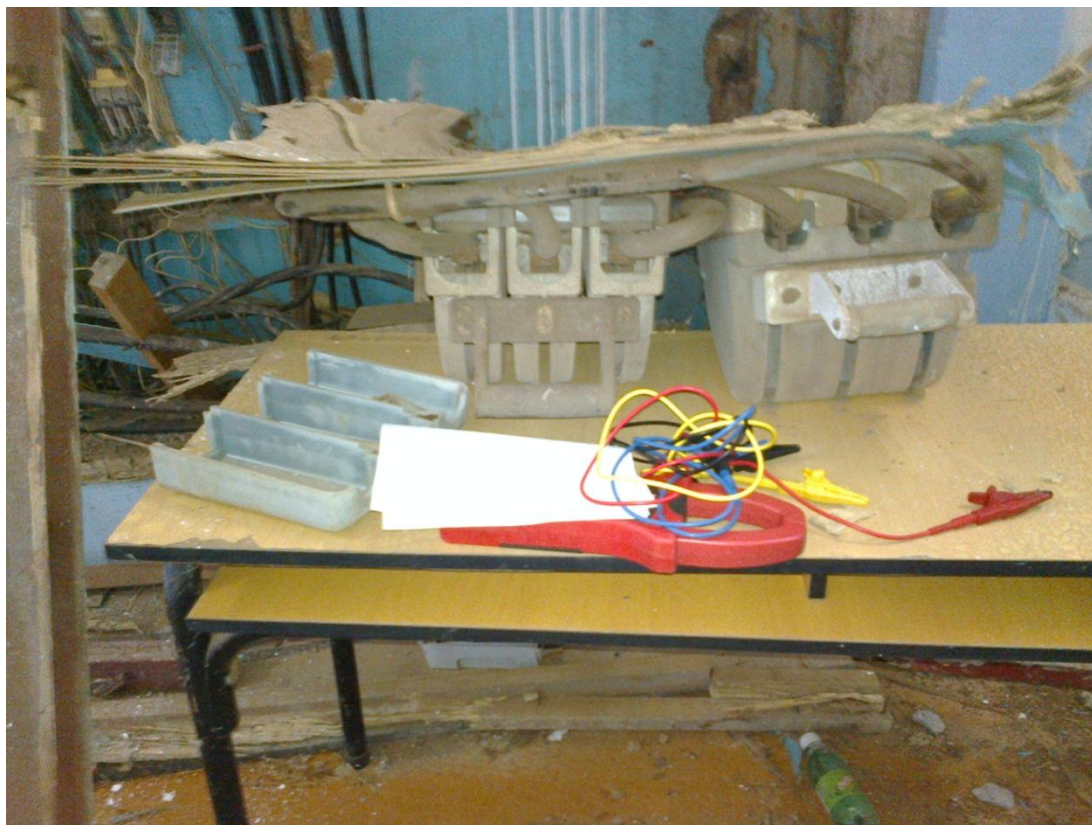


Docente 3



Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

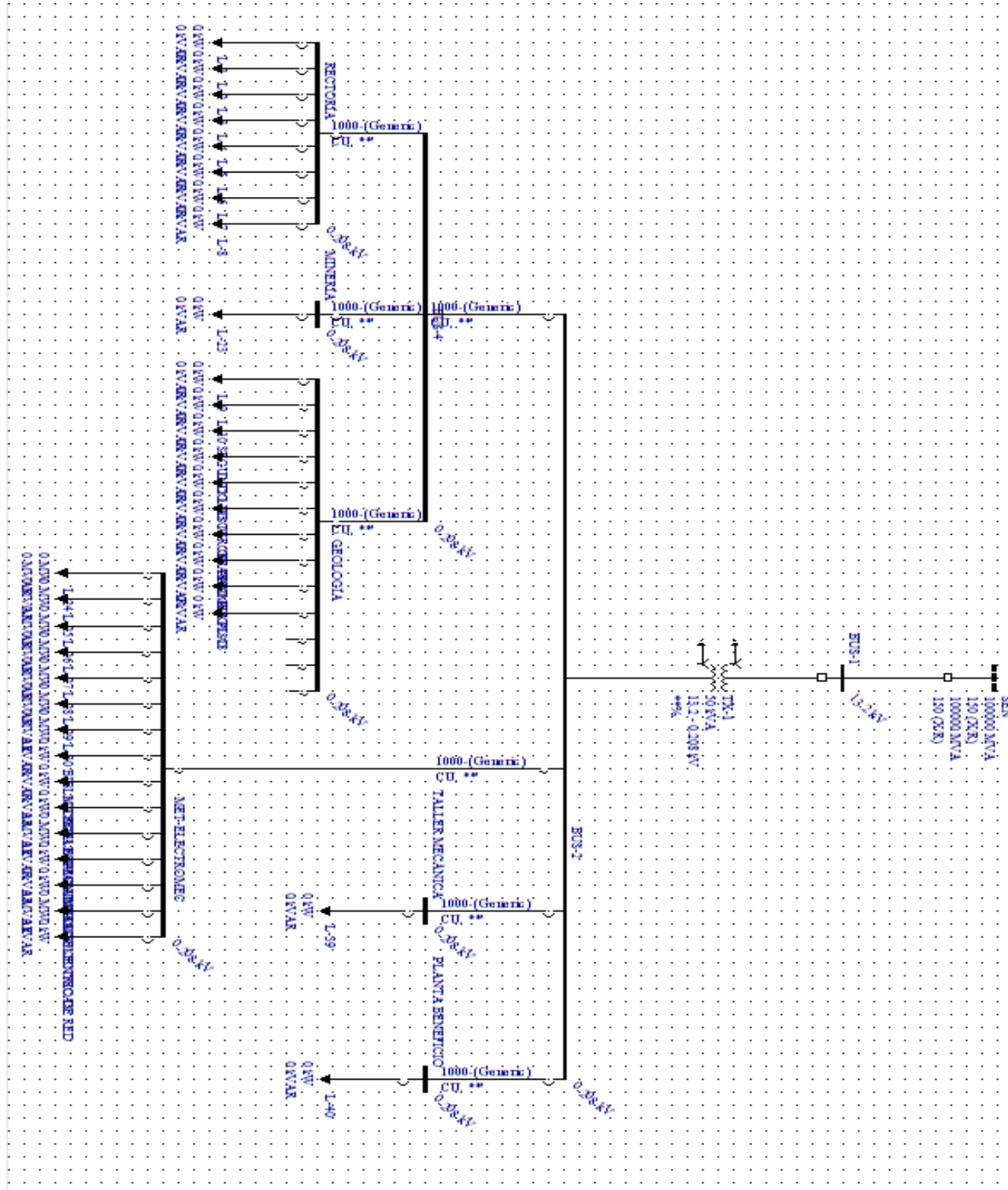


Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco

Anexo #5

Esquema Monolineal del área docente



Cálculo de pérdidas eléctricas en el banco de transformadores del área docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: Lizandra Pino Chaveco