

# *Trabajo de Diploma*

## *En opción al Título de Ingeniero Eléctrico*

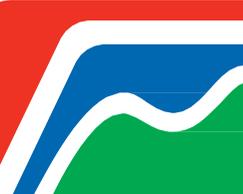
*Título: Propuesta de medidas técnico organizativas para el ahorro energético en el ISMMM.*

*Autor(es): Rafael Betancourt Cruz.*

*Roberto Raymond Ruiz Vargas.*

*Tutor: MsC. Yetsy Silva Cala.*

*Moa, 2018*



## **Declaración de Autoridad**

Rafael Betancourt Cruz y Roberto Raymond Ruiz Vargas

Autores de este trabajo de diploma titulado “Propuesta de medidas técnico organizativas para el ahorro energético en el ISMMM” y tutorado por el MsC. Yetsy Silva Cala certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

-----

Rafael Betancourt Cruz.

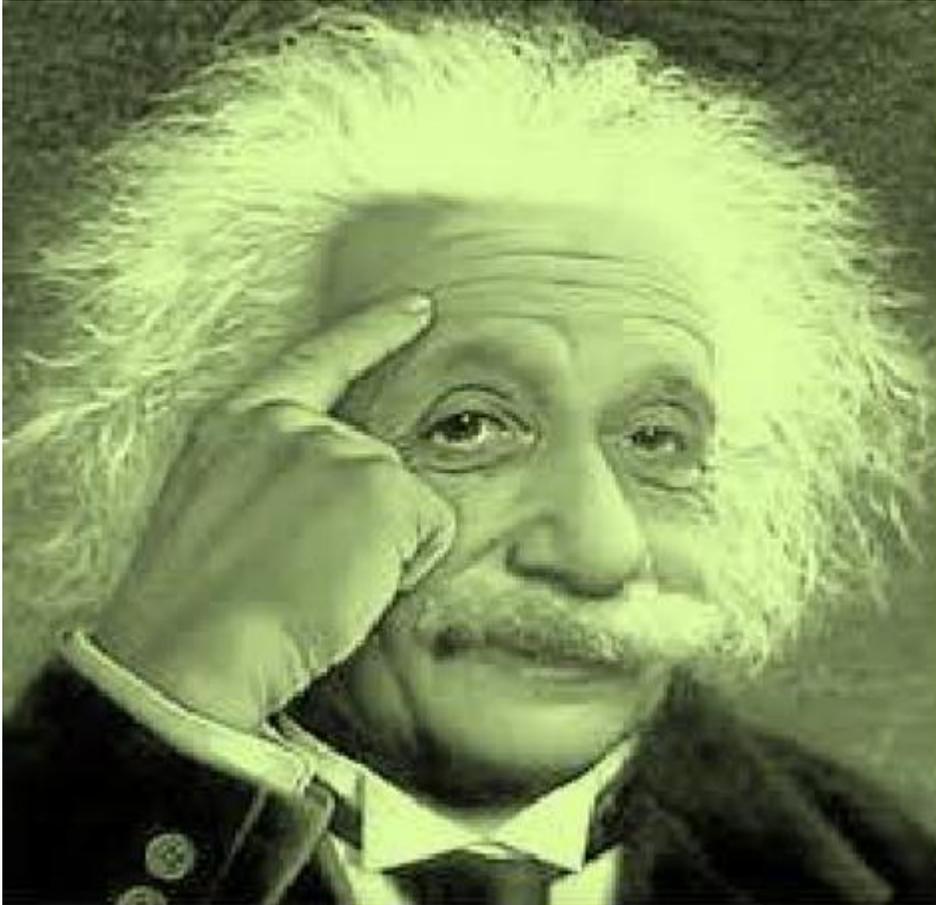
-----

Roberto Raymond Ruiz Vargas.

-----

MsC. Yetsy Silva Cala.

## *Pensamiento*



*Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.*

*Albert Einstein.*

## *Dedicatoria*

*Queremos dedicar este trabajo de diploma a nuestra familia.*

## *Agradecimientos*

*Agradecimiento especial a todos los que de una forma u otra hicieron posible nuestra formación como profesionales.*

*Nuestro eterno agradecimiento a nuestro tutor MsC. Yetsy Silva Cala.*

## **Resumen**

En el presente trabajo se realiza un diagnóstico energético de recorrido para evaluar el comportamiento del consumo de energía eléctrica en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) en función de la carga instalada. Se realiza una búsqueda bibliográfica de trabajos precedentes relacionados con el tema realizado en el instituto y en otras instalaciones. Se exponen los fundamentos teóricos que sustentan el contenido de dicho tema. Se lleva a cabo la evaluación del comportamiento de las variables eléctricas y del plan de energía. Se realiza la evaluación del consumo de energía global y se proponen una serie de medidas que contribuirán a un consumo de energía racional ajustado al nuevo plan de energía que tributan a un correcto y racional uso de la energía eléctrica en los circuitos de suministro instalados. A raíz de este estudio se facilita el estatus educacional en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y como consecuencia una mejor preparación de profesionales especializados en las materias impartidas con las condiciones necesarias y gestionadas a partir de la revolución energética en Cuba.

## **Abstract**

In the present work, an energy path diagnosis is made to evaluate the behavior of electric power consumption in the Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) based on the installed load. A bibliographic search of previous works related to the subject made in the institute and in other facilities is carried out. The theoretical foundations that sustain the content of this topic are exposed. The evaluation of the behavior of the electrical variables and the energy plan is carried out. The evaluation of the global energy consumption is carried out and a series of measures are proposed that will contribute to a rational energy consumption adjusted to the new energy plan that is taxed to a correct and rational use of the electric power in the installed supply circuits. As a result of this study, the educational status of the Higher Metallurgical Mining Institute of Moa is facilitated and, as a consequence, a better preparation of specialized professionals in the subjects taught with the necessary conditions and managed from the energy revolution in Cuba.

<i>Índice</i>	<i>Pág.</i>
Introducción General.....	1
Situación Problemática.....	1
Problema.....	2
Hipótesis.....	2
Objeto de estudio.....	2
Campo de acción.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO INVESTIGATIVO .....	3
1.1 Introducción .....	3
1.2 Análisis Bibliográfico.....	3
1.3 Fundamentación teórica.....	6
1.4 Definición de desbalance o desequilibrio.....	10
1.5 Límite para el índice de desbalance en tensión.....	13
1.6 Límite para el índice de desbalance en corriente.....	15
1.7 Calidad de la energía.....	16
1.8 Herramientas básicas fundamentales utilizadas.....	17
1.9 Conclusiones .....	18
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1 Introducción .....	19
2.2 Diseño de la investigación .....	19
2.3 Descripción del sistema de suministro eléctrico del área docente.....	20
2.4 Características del banco de transformadores del área de la residencia.....	21
2.5 Descripción de las cargas instaladas por edificios en la residencia. ...	46
2.6 Métodos de medición empleados para el análisis y registro de los parámetros de la calidad de la energía.....	56
2.7 Conclusiones .....	56
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	57
3.1 Introducción .....	57
3.2 Evaluación del consumo de energía eléctrica en el área docente .....	57

3.2 Posibles soluciones para evitar el sobreconsumo y los apagones en el ISMMM. ....	59
3.3 Propuesta para una reestructuración de las cargas .....	60
3.4 Propuestas de medidas para garantizar una explotación más racional del sistema con el ahorro energético.....	62
3.5 Medidas técnicas organizativas para mejorar la eficiencia del sistema de iluminación.....	63
3.6 Medidas técnicas organizativas generales para mejorar la eficiencia del sistema eléctrico.....	63
3.7 Valoración económica .....	67
3.8 Conclusiones .....	69
Conclusiones Generales .....	70
Recomendaciones .....	71
Bibliografía .....	72
Anexos .....	I

## **Introducción General.**

En casi todos los países del mundo, en particular en su sector energético se vienen implementando políticas de uso racional de la energía eléctrica ya que la población y el consumo crecen a gran velocidad generando la saturación de las líneas de distribución y los riesgos de desabastecimiento eléctrico.

Siendo así, el gobierno de Cuba en el 2006 llevó a cabo la implementación de la Revolución Energética, la cual tenía como finalidad la reducción de las pérdidas técnicas de la energía eléctrica, para esto se realizaron mejoras en las redes e instalaciones del Sistema Electroenergético Nacional (SEN), así como la implementación de nuevos equipos electrodomésticos para el bienestar de la población lo que trajo consigo un número elevado de cargas instaladas al sistema y por consiguiente un mayor consumo de energía eléctrica.

El ISMMM “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, ocupa el lugar 49 de las 61 empresas más consumidoras de energía en la provincia de Holguín, esto se debe a que la electricidad ocupa el primer lugar en el orden de importancia en la estructura de consumo de portadores energéticos. Sin embargo, este trabajo se basa en darle solución a la mayoría de los problemas existentes relacionados con el consumo de energía eléctrica, así como la búsqueda de nuevas alternativas que contribuyan al ahorro energético.

## **Situación Problémica.**

La relevancia autónoma y protagonista correspondiente a los aspectos económicos y sociales que presenta el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) amerita imprescindiblemente desarrollar una serie de medidas que tributen a la disminución racional del consumo de energía eléctrica. A raíz de proyectos que se han ejecutado para mejorar el servicio eléctrico en el municipio, se decidió realizar un cambio de calibre en la universidad, aplicando cambios significativos en los bancos de transformadores instalados. La reestructuración de un nuevo plan de energía, conlleva a que se estudie el comportamiento de las variables eléctricas en los nodos principales y del balance de carga en el centro, para

poder obtener argumentos en los que se basen las acciones a realizar en un futuro como justificación técnica organizativa, logrando un resultado más eficiente en el ahorro y aprovechamiento energético.

### **Problema.**

Insuficiente control sobre el consumo de electricidad actual de los principales circuitos de suministro eléctrico instalado en el ISMMM.

### **Objeto de estudio.**

Sistema de suministro eléctrico en el ISMMM.

### **Campo de acción.**

Ahorro energético en el ISMMM.

### **Objetivo General.**

Proponer medidas técnico organizativas que rijan el ahorro energético en el ISMMM.

### **Objetivos específicos.**

- Caracterizar el sistema de suministro eléctrico del ISMMM.
- Determinar el consumo de energía mediante un levantamiento de carga y el comportamiento con respecto a los planes establecidos.
- Proponer nuevas medidas que contribuyan a un adecuado ahorro de energía eléctrica en los principales circuitos de suministro eléctrico en función de la carga instalada.

### **Hipótesis.**

Un adecuado levantamiento de cargas en los circuitos de suministro eléctrico del ISMMM, permitiría elaborar medidas que contribuyan al ahorro de energía eléctrica y evitaría posibles apagones por sobreconsumo.

## **CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO INVESTIGATIVO**

### **1.1 Introducción**

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

### **1.2 Análisis Bibliográfico**

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 residencia 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 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 residencial 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 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-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 Fundamentación teórica.**

En los epígrafes siguientes se caracterizan las variables eléctricas fundamentales que se consideraron para este estudio, incluyendo las definiciones generales y su formulación.

#### **Voltaje, Diferencia de Potencial o Tensión (U, V).**

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. Esto se muestra en la siguiente ecuación.

$$U = I \cdot R \tag{1.1}$$

#### **Corriente Eléctrica (I).**

Se define como corriente eléctrica al 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 describe la velocidad con la que se mueven esas partículas. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en C/s (coulomb sobre segundo), unidad de medida 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:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.2)$$

### **Potencia activa (P).**

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 manera general:

$$P = I \cdot U \quad (1.3)$$

En corriente alterna las ecuaciones que se aplican son:

Sistema monofásico:

$$P = I \cdot U \cos \varphi \quad (1.4)$$

Sistema trifásico:

$$P = \sqrt{3} U \cdot I \cos \varphi \quad (1.5)$$

Donde:

$\varphi$  es el ángulo de desfase que existe entre la tensión y la corriente.

### **Potencia reactiva (Q).**

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

Las ecuaciones que se aplican son:

Sistema monofásico:

$$Q = I \cdot U \cdot \sin\varphi \quad (1.6)$$

Sistema trifásico:

$$Q = \sqrt{3}I \cdot U \cdot \sin\varphi \quad (1.7)$$

### **Potencia aparente (S).**

Es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva.

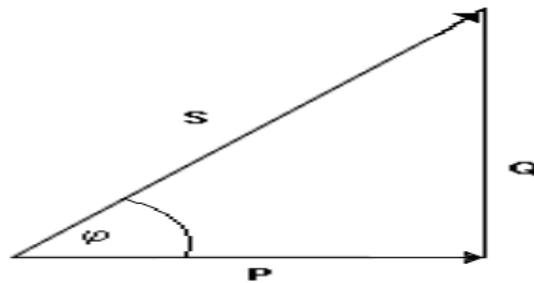
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = kVA \quad (1.8)$$

Sistema monofásico:

$$S = U \cdot I \quad (1.9)$$

Sistema trifásico:

$$S = \sqrt{3} V \cdot I \quad (1.10)$$



**Figura 1.1 Triángulo de potencia.**

### **Energía eléctrica.**

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

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

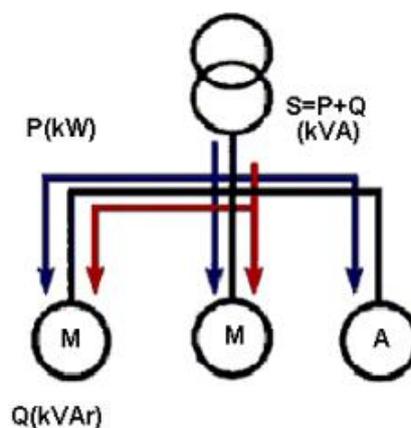
La energía es el alimento de toda actividad que se realiza transformándose de una energía a otra ya sea de eléctrica a mecánica y viceversa, de eléctrica a calorífica, etc. La energía es el fruto del movimiento de los cuerpos, la iluminación de las casas, desplaza los vehículos y proporciona fuerza motriz, etc.

### **Energía activa.**

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

### **Energía reactiva.**

Ciertos receptores necesitan campos magnéticos para su funcionamiento (motores, transformadores) y consumen otro tipo de energía denominada energía reactiva. El motivo es que este tipo de cargas (denominadas inductivas) absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento y la entregan durante la destrucción de los mismos. Este trasiego de energía entre los receptores y la fuente (figura 1.2), provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores.



**Figura 1.2 El consumo de energía reactiva se establece entre los receptores inductivos y la fuente.**

### **Factor de potencia ( $\cos \varphi$ ).**

Es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. El

Factor de Potencia puede tomar valores entre 0 y 1 (Ver figura 1.3), lo que significa que:



**Figura 1.3 Representación de los valores para un buen factor de potencia.**

Aunque el factor de potencia ideal es el que más cercano esté a uno, no es aconsejable compensar a más de 0.95, por problemas de sobrecompensación en un momento dado. Cabe destacar que un factor de potencia de 0.9 está entre los límites permisibles por la empresa eléctrica para no ser penalizado, aunque con este valor tampoco será bonificada al cliente, un buen factor de potencia es el que oscila entre 0.92 y 0.95, pues no existirá sobrecompensación de reactivos en la red y la empresa será bonificada por la empresa eléctrica. Eléctricamente hablando, el factor de potencia es la relación entre la potencia activa (que produce trabajo en la carga) y la potencia aparente del circuito: Esta es la expresión del factor de potencia instantáneo en un momento dado.

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \cos(\tan^{-1}(Q/P)) \quad (1.11)$$

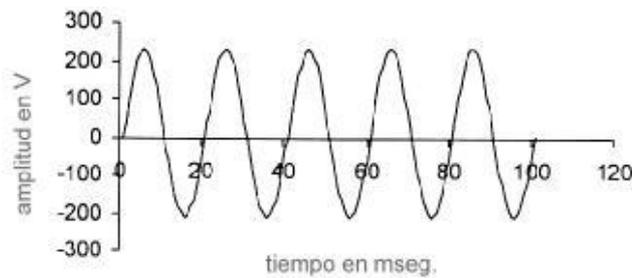
Se define factor de potencia (FP) de un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) o bien como el coseno del ángulo que forman los fasores de la intensidad y el voltaje, designándose en este caso como  $\cos(\varphi)$ , siendo  $\varphi$  el valor de dicho ángulo. De acuerdo con el triángulo de potencias la existencia de un bajo factor de potencia está dado por la presencia de un alto consumo de reactivo

#### **1.4 Definición de desbalance o desequilibrio**

El desequilibrio en un sistema monofásico viene dado por una diferente magnitud de la parte positiva y la negativa de una señal eléctrica. Se suele producir en grandes cargas monofásicas, tales como locomotoras en determinados puntos de su recorrido, y su principal efecto es una disipación

adicional de calor, especialmente en las máquinas rotativas. Suele venir asociado a la generación de armónicos de orden par.

El desequilibrio se mide como el cociente entre la parte negativa y positiva de la onda y se expresa en tanto por ciento. La figura representa una señal desequilibrada en un 10%.



**Figura 1.4 Ejemplo de un desequilibrio del 10%.**

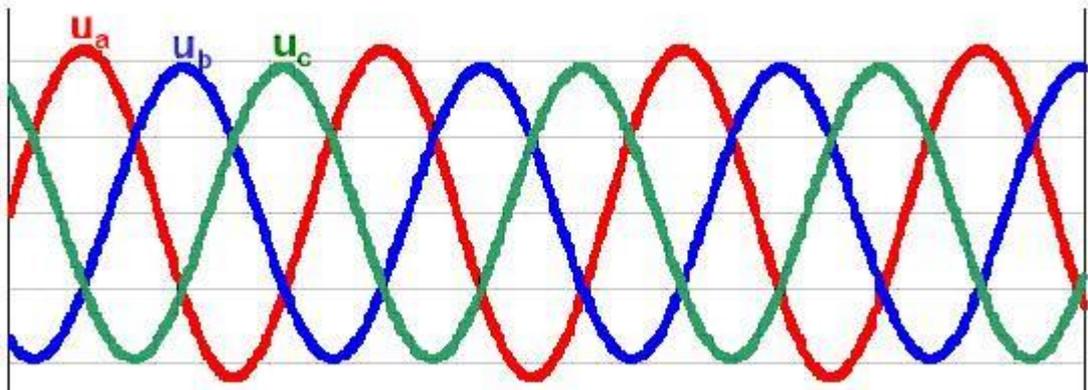
Mucho más frecuentes son los desequilibrios trifásicos (Ver figura 1.4), que suponen un desigual reparto de las cargas entre las tres ramas de una distribución trifásica y originan alteraciones en el sistema, afectando, por tanto, a los usuarios. Pueden ser tanto de tensión como de corriente. El sistema sinusoidal trifásico se representa por tres vectores de igual módulo y desfasados  $120^\circ$ . Cuando los tres vectores tienen diferente magnitud, o cuando los tres ángulos son distintos, se dice que existe desbalance.

Los desequilibrios de corriente se producen cuando la intensidad que circula por las tres fases no es igual, lo cual provoca que la corriente que circula por el neutro no sea nula. El resultado es un sobrecalentamiento en las cargas, cables y protecciones. El desequilibrio en corriente nunca debe superar el 10%.

Todo desbalance de tensión se origina por un incorrecto reparto de cargas en la instalación. En instalaciones con armónicos, a pesar de que el sistema trifásico esté equilibrado, puede circular corriente por el hilo del neutro.

En general, las condiciones de asimetría aceptables en el punto de conexión común admiten niveles de compatibilidad de hasta el 2% de desequilibrio para redes de baja y media tensión en valoraciones de más de un minuto, y del 1% en las redes de alta tensión para valoraciones del mismo tiempo. Así

los define la UNE-EN 50160.



**Figura 1.5 Ejemplo de desequilibrio trifásico**

Normalmente los analizadores de redes calculan el porcentaje de asimetría y lo muestran directamente en pantalla en tiempo real, calculan el desequilibrio medio a lo largo de un periodo de tiempo, etc.

En general cuando existen problemas de mal funcionamiento de equipos y se procede a hacer un estudio de calidad de energía para solucionarlos, se suele por error olvidar los desequilibrios como origen de muchos mal funcionamientos, centrándose en otras perturbaciones como huecos o armónicos.

De acuerdo con lo expresado en la norma IEC 61000-4-30 el desbalance de tensión se define, utilizando el método de las componentes simétricas, como la magnitud de la relación entre la componente de secuencia negativa con respecto a la componente de secuencia positiva, expresado en por ciento.

Es claro entonces que para la determinación del grado de desbalance de un sistema se debe trabajar con las componentes de secuencia del sistema, para lo cual se deben conocer los módulos y ángulos de desfase de las componentes de fase, a menos que se emplee algún método alternativo.

De acuerdo con la norma IEC 61000-4-30, el grado de desequilibrio se expresa usualmente como (1.12), donde  $U_2$  corresponde a la componente de secuencia negativa de la tensión de línea y  $U_1$  corresponde a la componente de secuencia positiva de la tensión de línea.

$$U_2 = 100 \cdot \frac{U_2}{U_1}$$

(1.12)

Las componentes de secuencia se derivan de las componentes de fase a través de la transformación de Fortescue.

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_{ab} \\ U_{bc} \\ U_{ca} \end{pmatrix}$$

(1.13)

Donde  $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$

Por lo que para determinar las componentes de secuencia de las tensiones de un sistema trifásico parece estrictamente necesario conocer las tres componentes de fase de las tensiones, así como los ángulos de desfase entre ellas. Esto implica que en una campaña de medida donde se deba controlar el desbalance, debería instalarse un equipo que fuera capaz de registrar estos seis parámetros.

A los efectos de simplificar este conjunto de medidas, la norma IEC 61000-4-30 y la norma IEEE 1159 proponen fórmulas de cálculo alternativas. Ambas tienden a que sean necesarios menos parámetros para estimar el índice de desbalance, lo cual se logra con distintos grados de exactitud en cada caso.

### **1.5 Límite para el índice de desbalance en tensión.**

La norma europea EN 50160 establece que, tanto para baja tensión como para media tensión, en condiciones normales de explotación, para cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces promediados en 10 minutos de la componente inversa de la tensión de alimentación debe situarse entre el 0% y el 2% de la componente directa. Se establece la salvedad, en baja tensión, que en algunas regiones equipadas con líneas parcialmente monofásicas o bifásicas, los desequilibrios pueden alcanzar el 3% en los puntos de suministros trifásicos.

La norma IEC 61000-2-2, al igual que la norma IEEE 1159, recomienda que

el índice de desbalance en un suministro eléctrico no deba superar el 2%.

En la norma IEC 61000-4-30 se establece que el período de medida debe ser de una semana con valores cada 10 minutos y/o cada 2 horas. Una de las metodologías de comparación propuestas establece que uno o más de los valores semanales con 95% de probabilidad (expresada en por ciento) se debe comparar con el valor contractual establecido.

Evidentemente estos límites que establece la normativa internacional son adoptados generalmente por las reglamentaciones de calidad de servicio vigentes. La reglamentación colombiana adopta explícitamente las recomendaciones de la norma IEEE 1159.

En este caso el índice de desbalance se estima como la desviación máxima entre el valor de los voltajes de línea y el promedio de los voltajes de línea, dividida entre el promedio de los voltajes de línea, según se expresa en (1.14) donde los subíndices  $i$  y  $j$  corresponden a las fases

$$U_2 = 100 \left[ \frac{U_{ij} - U_{media}}{U_{media}} \right] \quad (1.14)$$

Existen algunos casos, como los reglamentos de Guatemala y Bolivia donde se establecen límites algo mayores a los contemplados por las normas vigentes. En particular, estos países han establecido un límite para el desbalance del 3%, lo cual parece lógico si se tiene en cuenta que en casi todos los casos hace relativamente poco tiempo que se han empezado a controlar estos índices y la idea general es trabajar hacia el establecimiento de metas alcanzables para los distintos actores de los sistemas eléctricos.

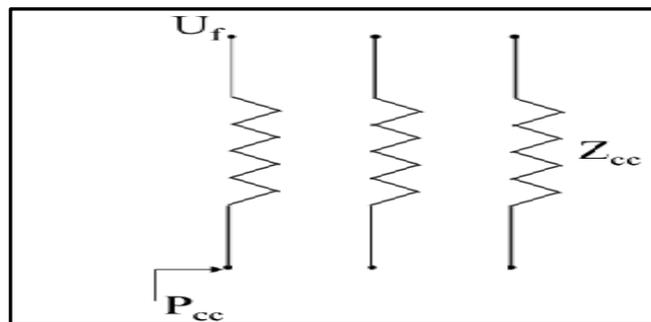
En otros países donde se han adoptado los límites propuestos por la normativa internacional, se han establecido plazos para medir el índice de desbalance sin generar penalizaciones, a los efectos de conocer el nivel general de desbalance del sistema. Es éste el caso del proyecto de reglamento presentado en Uruguay, donde se propone que, luego de un período inicial de ajuste, el desbalance en tensión no debe superar el 2%. También existen casos, como en el reglamento chileno, donde por el momento sólo se propone medir el índice de desbalance para obtener valores estadísticos antes de proponer un límite para este parámetro.

### 1.6 Límite para el índice de desbalance en corriente.

En toda reglamentación sobre calidad de servicio de la energía eléctrica, en cierto modo se “responsabiliza” al distribuidor por la calidad en la tensión y como contraparte al usuario por la calidad de la corriente. Resulta evidente que las causas y efectos sobre la tensión y la corriente del sistema no son tan estrictamente separables. De todas formas, parece necesario que si se establecen límites para el desbalance en tensión, también se deban establecer límites para el desbalance en corriente.

En la figura 1.6 se plantea un esquema muy simplificado de la red desde el punto de suministro de la tensión de fase  $U_f$  hasta el Punto de Acoplamiento Común (PCC) por sus siglas en inglés, donde se conecta al usuario.

Se asume que la potencia de cortocircuito antes del transformador de distribución es muy grande y que por lo tanto, el parámetro que influye en los cálculos en el PCC es directamente la impedancia del transformador que conecta el usuario al sistema.



**Figura 1.6 Esquema simplificado de distribución**

Para determinar el índice de desbalance en corriente definido como (1.15) forma precisa se deben determinar las componentes de secuencia para la corriente a partir de las componentes de las corrientes de línea con una transformación análoga a la presentada en (1.13).

$$i_2 = 100 \frac{i_2}{i_1} \quad (1.15)$$

La normativa internacional no propone fórmulas alternativas para simplificar la determinación del desbalance en corriente. La ecuación 1.15 proporciona un cálculo exacto del índice de desbalance en corriente si el sistema de

corrientes no tiene componente homopolar. Cuando se trata de obtener una expresión similar en un sistema de corrientes con componente homopolar, no se llega a una expresión independiente de los desfases entre las corrientes de cada fase y la expresión que se obtiene es sumamente complicada del punto de vista computacional. En resumen, parece más razonable cuando se quiere hallar el desbalance en corriente, en un sistema con componente homopolar no nula, que se midan los módulos de las corrientes de fase con sus correspondientes desfases y se apliquen las fórmulas de transformación, de componentes fásicas a componentes simétricas para hallar los módulos de la corriente inversa y directa a los efectos de determinar exactamente el desbalance del sistema.

### **1.7 Calidad de la energía**

Existen muchas definiciones de calidad de energía, dependiendo del punto de vista de los autores. Una definición sencilla aceptada por el usuario y de hecho la más práctica interpreta que la calidad de energía es buena si los dispositivos conectados al sistema eléctrico funcionan satisfactoriamente. Normalmente, la baja o mala calidad de la energía se manifiesta en el repetido reinicio de ordenadores, el bloqueo de dispositivos sensibles, el parpadeo de la iluminación o un funcionamiento defectuoso de dispositivos de control o manejo electrónicos. Es cierto que las causas de estos problemas pueden encontrarse en perturbaciones de las tensiones de suministro por parte del Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

Actualmente está más que demostrado que más del 80% de los problemas de calidad de energía están dentro de la propia instalación, y por tanto dentro del ámbito de trabajo de los técnicos eléctricos y es responsabilidad de la empresa o institución velar por esto. Gran parte de estos problemas resultan ser causados por malas puestas a tierra, conexiones defectuosas, bajos niveles de aislamiento, mala distribución de las cargas, etc.

Otra definición de calidad de energía plantea: El término “calidad de energía” se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan a la tensión y a la corriente en un momento determinado y en una localización determinada en el sistema de energía.

La IEC 61000-4-30 “Técnicas de comprobación y medición-métodos de medición de la “calidad de energía” define la calidad de energía como: "las características de la electricidad en un punto determinado del sistema eléctrico, evaluado frente a una serie de parámetros técnicos de referencia”.

Independientemente de la definición que se utilice, la calidad de energía es un asunto de gran importancia estratégica en el mercado económico abierto de la electricidad.

Existe un amplio número de razones que animan a un enfoque sistemático y constante del control de los parámetros de calidad de energía, con objetivos tanto técnicos como financieros.

### **1.8 Herramientas básicas fundamentales utilizadas**

**Histograma:** Es una representación gráfica de la distribución de uno o varios factores, se elabora mediante la representación de las medidas u observaciones agrupadas en una escala sobre el eje vertical. Generalmente se presenta en forma de barras o rectángulos cuyas bases son dadas por los intervalos de clases y las alturas por las frecuencias de aparición de las mismas. Las marcas en la escala horizontal pueden ser los valores límites reales o valores arbitrarios claves. Este diagrama es definido como “distribución normal”. La distribución normal es aquella que descubre la variabilidad de un hecho cuando interviene solamente la aleatoriedad.

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

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

Todas estas herramientas a utilizar en la investigación permiten conocer el comportamiento del estado de los indicadores energéticos de la entidad.

## **1.9 Conclusiones**

- Se abordó una amplia información sobre todos los temas expuestos sobre los circuitos de suministro eléctrico.
- Se observó que existe una abundante bibliografía relacionada con el tema de la investigación.
- Se pudo mostrar los criterios y aportes de los autores mencionados.

## **CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **2.1 Introducción**

El presente capítulo tiene como objetivo el análisis de la carga instalada en el ISMMM, inicialmente comenzando por el diseño de la investigación. Teniendo en cuenta los datos aportados por el levantamiento físico de dichas cargas realizado en el área.

### **2.2 Diseño de la investigación**

En años anteriores se han llevado a cabo investigaciones relacionadas con el comportamiento de las principales variables eléctricas (Tensión, Corriente, Potencia Activa, Reactiva, Aparente y Factor de Potencia) en ambos bancos de transformadores del ISMMM, en su mayoría realizadas con la conexión antigua que presentaba el banco de transformadores del área docente (estrella/delta abierta), actualmente este presenta una conexión (estrella aterrada - estrella aterrada).

Para el desarrollo de esta investigación se comienza con los trabajos que han analizado y caracterizado estas áreas atendiendo al sistema de suministro a partir del año 2003 con aras a profundizar en cuánto se ha avanzado en el tema, y qué medidas se implementaron para dar solución a los numerosos problemas detectados. Se ha demostrado en reiteradas ocasiones que persiste la falta de conocimiento relacionado con el tema, problema que afecta directamente al consumo de energía eléctrica y degrada paulatinamente el estado técnico de desconectivos y conductores.

Se realizaron diferentes mediciones en los paneles principales (1, 2, 3 y 4), el objetivo de esta operación fue determinar el consumo eléctrico de los servicios y equipamientos eléctricos de los edificios del área docente mediante la medición “in situ” de los diferentes registros del ISMMM.

En este trabajo no se realizaron mediciones pero si el levantamiento de la carga total instalada en el instituto, a partir de la cual se desarrolla o planifica la energía eléctrica a consumir en el año.

### 2.3 Descripción del sistema de suministro eléctrico del área docente.

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 kV de línea a línea y 0,120 kV de línea a neutro, alimentando a cuatro totalizadores 1, 2, 3 y 4 (izquierda a derecha) ubicados debajo del banco.

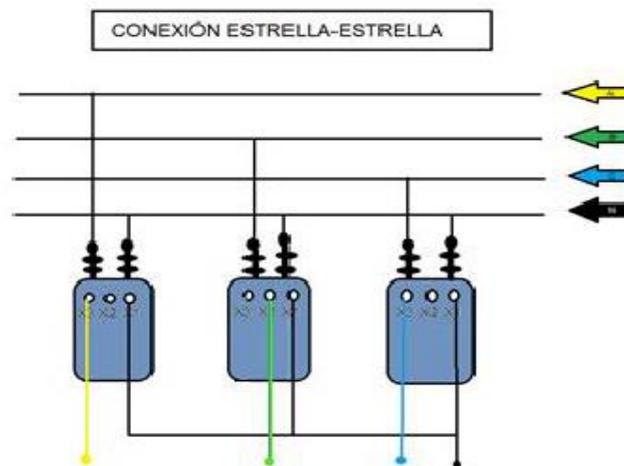


Figura 2.1 Esquema físico del banco de transformadores del área docente.

#### Descripción del panel principal del banco de transformadores del área docente.

El panel principal del área docente del ISMMM se encuentra ubicado en la caseta que está después del punto de control, el mismo se ubica debajo del banco de transformadores. Este panel es el encargado de distribuir la energía a toda el área del docente, el mismo está compuesto por 4 interruptores no automáticos de 3 fases cada una. El totalizador 1 abastece a los paneles principales de los edificios de Rectoría, Geología y Minería, el número 2 alimenta al panel de la facultad de Metalurgia Electromecánica, el taller mecánico se alimenta del desconectivo número 3 y la planta de beneficios recibe el servicio eléctrico del desconectivo 4.

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

2 interruptores no automáticos: 240V, 600A

2 interruptores no automáticos: 240V, 200A

## Descripción del sistema de suministro de la residencia estudiantil.

### Monolineal.

La figura 2.2 muestra el esquema monolineal correspondiente al área de la residencia estudiantil del ISMMM. A través del esquema se observa cómo se encuentra distribuido el sistema de alimentación a las distintas áreas, en su comienzo, desde el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) alimentando el banco de transformadores del área de residencia, el cual presenta una conexión estrella aterrada-delta con punto medio a tierra y se encuentra protegido por un drop-out por fase.

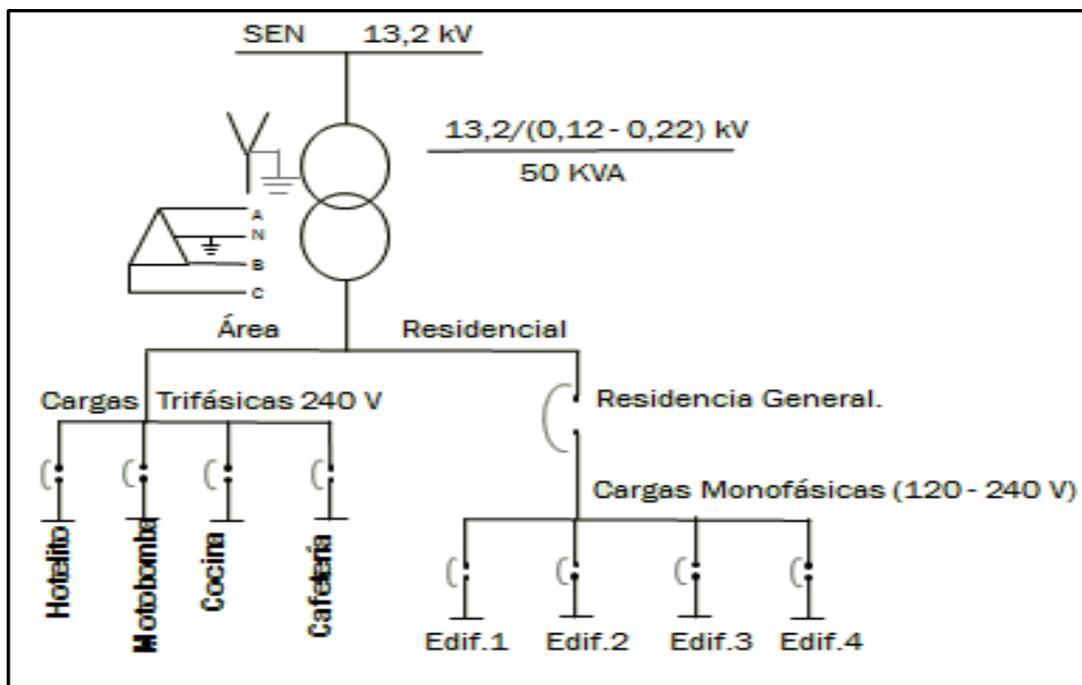
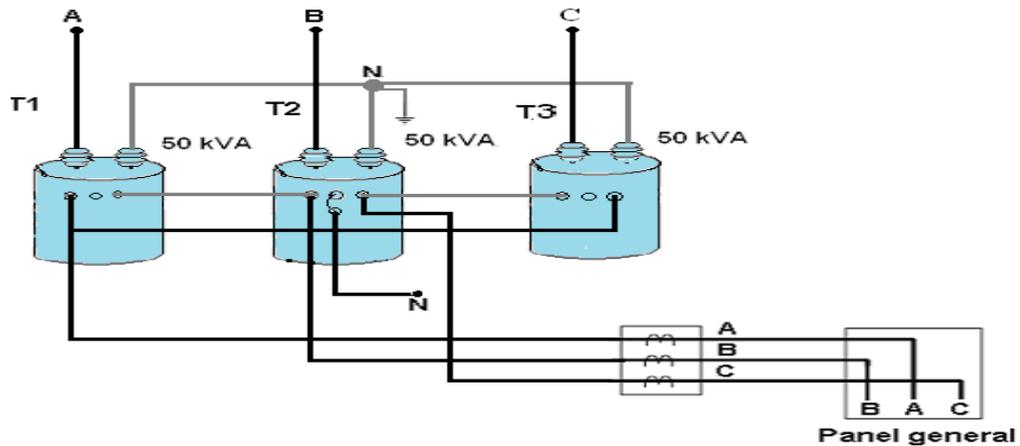


Figura 2.2 Esquema monolineal del suministro eléctrico de la residencia estudiantil.

### 2.4 Características del banco de transformadores del área de la residencia.

En la figura 2.3 se muestra el banco correspondiente al área de la residencia estudiantil, está compuesto por tres transformadores monofásicos de 50 kVA de potencia aparente (S). Abastece a los edificios de Residencia 1, 2, 3, 4, oficinas de economía, residencia de posgrado, motobomba, cafetería, puntos de venta cuentapropistas, comedor, iluminación de alrededores de la residencia.



**Figura 2.3 Esquema físico del sistema de distribución al bloque de residencia**

### **Descripción de las cargas instaladas por edificios en el docente.**

#### **Edificio 1:**

Este posee una carga instalada de 43,729 kW, donde 4,3 kW son consumidos por el sistema de iluminación y 39,429 kW del circuito de fuerza. Es alimentando en toda esta ala derecha desde el primero hasta el cuarto nivel, con un servicio bifásico, donde se cuenta con nueve desconectivos incluyendo el principal: tres semiautomáticos y seis no automáticos, no encontrándose en su estado óptimo, pero sí bastante aceptable; este posee para su protección una puerta de metal. Los datos del levantamiento de carga se pueden observar en los anexos.

#### **Edificio 2:**

En este se encuentra la facultad de Metalurgia – Electromecánica y presenta una carga instalada de 118.72 kW, donde 6,24 kW son consumidos por el sistema de iluminación y 112,48 kW por el circuito de fuerza. Se alimenta desde el primero hasta el cuarto nivel, con un servicio trifásico, donde la fase B se encuentra más que subcargado ya que todo el suministro como tal recae en las fases A y B, no se encuentra en su estado óptimo a pesar de haberse sustituido la mayoría de sus desconectivos por encontrarse en estado crítico, posee para su protección una puerta de metal. Los datos del levantamiento de carga se pueden observar en los anexos.

#### **Edificio 3:**

En este se encuentra la facultad de Geología - Minas y presenta una carga instalada de 139,486 kW, donde 9,476 kW son consumidos por el sistema de

iluminación y 130,01 kW por el circuito de fuerza. Se alimenta desde el primero hasta el cuarto nivel, con un servicio trifásico, los trabajos más recientes que se realizaron no presentaron mediciones a no ser puntuales debido al gran deterioro de la pizarra eléctrica que se encuentra dentro de uno de los locales de este edificio. Los datos del levantamiento de carga se pueden observar en los anexos.

#### Edificio 4:

En este se encuentra la facultad de Ciencias económicas y presenta una carga instalada de 42,039 kW, donde 6,62 kW son consumidos por el sistema de iluminación y 35,419 kW por el circuito de fuerza. Este edificio es el menos consumidor junto con el 1 debido a que los locales en su mayoría son aulas docentes y existen pocos laboratorios en donde se encuentran equipos consumidores o de servicio trifásico. En su mayoría son microscopios. Los datos del levantamiento de carga se pueden observar en los anexos.

Las tablas 2.1 hasta 2.4 muestran la relación de la carga instalada en el banco de transformadores del docente en el ISMMM. Respectivamente se muestra en las tablas 2.6 a la 2.9 la carga instalada en los edificios de la residencia estudiantil y el Hotelito.

#### Relación de las cargas por edificio

Tabla 2.1 Carga Instalada en el Edificio 1 del Docente

Area o Dpto.	Tipo de Equipo	Alim ent.		Datos Nominales			kW	Datos Reales			kW
		1f	3f	V	I	FP		V	I	FP	
Pizarra telefónica	Ventilador de pie	x		110	0,360	0,90	0,300	110	0,36	0,90	0,300
OCIC	Desktop pc	x		110	2,50	0,95	0,20	110	2,50	0,95	0,20
	Computadoras (PP)	x		110	1,30	0,95	0,20	110	1,30	0,95	0,20
	Ventilador (Pared)	x		110		0,90		110		0,90	
	Impresoras	x		110	3,20	0,90	0,56	110	3,20	0,90	0,56

<b>Recursos Humanos</b>	Desktop pc	x		110	1,70	0,98	2,50	110	1,70	0,95	2,50
	Computadoras (PP)	x		110	1,30	0,96	0,20	110	1,30	0,96	0,20
	Impresoras	x		110	1,80	0,96	0,20	110	1,80	0,96	0,20
	Ventilador (Pared)	x		110	5,09	0,8	0,56	110	5,09	0,8	0,56
<b>Vicectoria Docente</b>	Desktop pc	x		110	1,70	0,90	0,50	110	1,70	0,90	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,90	0,50	110	1,70	0,90	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,90	0,50	110	1,70	0,90	0,50
	Computadoras (PP)	x		110	1,30	0,96	0,20	110	1,30	0,96	0,20
	Impresoras	x		110	3,20		0,56	110	3,20		0,56
	Ventilador (Pared)	x		110	0,00		0,56	110	0,00		0,56
	Televisor	x		110			0,55	110			0,55
	Ventilador de Pie	x		110				110			
	Refrigerador	x		110				110			
<b>Departamento de Cuadro</b>	Desktop pc	x		110	1,70		0,50	110	1,70		0,50
	Computadoras (PP)	x		110	1,30		0,20	110	1,30		0,20
	Impresoras	x		110	3,20		0,56	110	3,20		0,56
	Ventilador (Pared)	x		110	0,00		0,56	110	0,00		0,56
	Ventilador de Pie	x		110				110			
<b>Atención a Extranjero</b>	Desktop pc	x		110	1,70	0,90	0,50	110	1,70	0,90	0,50
<b>Dirección de Relaciones Internas</b>	Desktop pc	x		110	1,70		0,50	110	1,70		0,50
	Computadoras (PP)	x		110	1,30		0,20	110	1,30		0,20
	Impresoras	x		110	3,20		0,56	110	3,20		0,56

<b>aciones</b>	Refrigerador			110				110			
	Televisor			110			0,55	110			0,55
<b>Comité del PCC</b>	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Ventilador (Pared)	x		110	0,00		0,56	110	0,00		0,56
	Televisor	x		110			0,55	110			0,55
	Refrigerador	x		110				110			
<b>Posgrado Oficina</b>	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Impresoras	x		110	0,00		0,20	110	0,00		0,20
<b>Dirección Recursos Humanos</b>	Televisor	x		110		0,95	0,06	110		0,95	0,06
	Ventilador de Pie	x		110		0,90		110		0,90	
	Computadoras (PP)	x		110	1,30		0,20	110	1,30		0,20
	Impresoras	x		110	3,20		0,56	110	3,20		0,56
	Aires Acondicionados	x		220	0,00		0,56	220	0,00		0,56
	Tostadora	x		110			0,30	110			0,30
	Cafetera	x		110			1,50	110			1,50
<b>Estimulación y Capacitación</b>	Desktop pc	x		110	1,70		0,50	110	1,70		0,50
<b>Rectoría</b>	Desktop pc	x		110	1,70		0,50	110	1,70		0,50
	Impresoras	x		110	3,20		0,56	110	3,20		0,56
	Ventilador de Pie	x		110				110			
	Ventilador de Pie	x		110				110			
	Televisor	x		110			0,06	110			0,06

	Cafetera	x		110			1,50	110			1,50
	Aires Acondicionados	x		220	0,00		0,56	220	0,00		0,56
	Refrigerador	x		110				110			
	Microway	x		110			0,70	110			0,70
	Cocina eléctrica	x		110			2,00	110			2,00
	Computadoras (PP)	x		110	1,30		0,20	110	1,30		0,20
Vicerrectoria de Investigación	Computadoras (PP)	x		110	1,30	0,95	0,20	110	1,30	0,95	0,20
	Desktop pc	x		110	1,70		0,50	110	1,70		0,50
	Desktop pc	x		110	1,70		0,50	110	1,70		0,50
	Desktop pc	x		110	1,70		0,50	110	1,70		0,50
	Impresoras	x		110	3,20		0,56	110	3,20		0,56
	Impresoras	x		110	3,20		0,56	110	3,20		0,56
	Refrigerador	x		110				110			
	Televisor	x		110			0,06	110			0,06
Departamento de Informática	Computadoras (PP)	x		110	1,30	0,95	0,20	110	1,30	0,95	0,20
	Computadoras (PP)	x		110	1,30	0,95	0,20	110	1,30	0,95	0,20
	Desktop pc	x		110	2,50	0,95	0,20	110	2,50	0,95	0,20
	Desktop pc	x		110	2,50	0,95	0,20	110	2,50	0,95	0,20
	Desktop pc	x		110	2,50	0,95	0,20	110	2,50	0,95	0,20
	Desktop pc	x		110	2,50	0,95	0,20	110	2,50	0,95	0,20
	Desktop pc	x		110	2,50	0,95	0,20	110	2,50	0,95	0,20
	Impresoras	x		110	8,18	0,90	0,20	110	8,18	0,90	0,20

<b>Aula de Postgrado</b>	Televisor	x		110		2,50	0,55	110		2,50	0,55
	Televisor	x		110		2,50	0,55	110		2,50	0,55
	Aires Acondicionados	x		220	0,90	0,20	0,56	220	0,90	0,20	0,56
	Aires Acondicionados	x		220	0,90	0,20	0,56	220	0,90	0,20	0,56
	Aires Acondicionados	x		220	0,90	0,20	0,56	220	0,90	0,20	0,56
	Aires Acondicionados	x		220	0,90	0,20	0,56	220	0,90	0,20	0,56
	Aires Acondicionados	x		220	0,90	0,20	0,56	220	0,90	0,20	0,56
<b>Departamento de Marxismo</b>	Laptop	x		110	1,30	0,90	0,02	110	1,30	0,90	0,02
	Laptop	x		110	1,30	0,90	0,02	110	1,30	0,90	0,02
	Aires Acondicionados	x		220	4,09	0,90	0,56	220	4,09	0,90	0,56
	Computadoras (PP)	x		110	1,30	0,90	0,20	110	1,30	0,90	0,20
	Computadoras (PP)	x		110	1,30		0,20	110	1,30		0,20
<b>Laboratorio de Computación de Informática</b>	Computadoras (PP)	x		110	1,30		0,20	110	1,30		0,20
	Computadoras (PP)	x		110	1,30		0,20	110	1,30		0,20
	Computadoras (PP)	x		110	1,30		0,20	110	1,30		0,20
	Aires Acondicionados	x		220	0,00		0,56	220	0,00		0,56
	Aires Acondicionados	x		220	0,00		0,56	220	0,00		0,56
	Televisor	x		110	2,50		0,20	110	2,50		0,20
	Televisor	x		110	2,50		0,20	110	2,50		0,20

<b>Departamento de historia</b>	Computadoras (PP)	x		110	1,30	0,90	0,20	110	1,30	0,90	0,20
	Desktop pc	x		110	2,50		0,20	110	2,50		0,20
	Desktop pc	x		110	2,50		0,20	110	2,50		0,20
	Aires Acondicionados	x		220	2,55		0,56	220	2,55		0,56
	Aires Acondicionados	x		220	2,55		0,56	220	2,55		0,56
<b>CEMA</b>	Computadoras (PP)	x		110	1,30	0,90	0,20	110	1,30	0,90	0,20
	Desktop pc	x		110	2,50		0,20	110	2,50		0,20
	Desktop pc	x		110	2,50		0,20	110	2,50		0,20
	Aires Acondicionados	x		220	2,55		0,56	220	2,55		0,56
	Aires Acondicionados	x		220	2,55		0,56	220	2,55		0,56
<b>Salón de Reunión</b>	Computadoras (PP)	x		110	1,30		0,20	110	1,30		0,20
	Televisor	x		110	1,30		0,06	110	1,30		0,06

Tabla 2.2 Carga Instalada en el Edificio 2 del Docente

Area o Dpto.	Tipo de Equipo	Aliment.		Datos Nominales			kW	Datos Reales			kW
		1f	3f	V	I	FP		V	I	FP	
Departamento de Metalurgia	Desktop pc	x		220	1,59	0,95	0,35	220	1,59	0,95	0,35
	Desktop pc	x		220	1,59	0,95	0,35	220	1,59	0,95	0,35
<b>Laboratorio de química</b>	Bomba de vacío	x		110	3,36		0,37	110	3,36	0,93	0,37
<b>Laboratorio de análisis químico</b>	Televisor	x		110	0,77		0,09	110	0,77		0,085
	Televisor	x		110	0,77		0,09	110	0,77		0,09
	Televisor	x		110	0,77		0,09	110	0,77		0,09

	Televisor	x		110	0,77		0,09	110	0,77		0,09
<b>Análisis general</b>	Ventilador de agua	x		110	330,43		36,35	110	330,43	0,93	36,35
	Horno electrico	x		110	27,27		3,00	110	27,27	0,93	3,00
<b>Química General</b>	Horno electrico	x		110	27,27		0,50	110	27,27	0,93	0,50
	PC	x		220	1,59		0,20	220	1,59	0,95	0,20
<b>Departamento de Metalurgia</b>	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
		Split	x		110	22,73		2,50	110	22,73	0,93

	Split	x		110	22,7 3		2,50	110	22,7 3	0,93	2,50
	Bebedero	x		110	0,45		0,05	110	0,45	0,93	0,05
<b>Centro de Redes</b>	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	Aires Acondicionados	x		220	2,66		0,59	220	2,66	0,93	0,59
	Aires Acondicionados	x		220	2,66		0,59	220	2,66	0,93	0,59
	Aires Acondicionados	x		220	2,66		0,59	220	2,66	0,93	0,59
	Aires Acondicionados	x		220	2,66		0,59	220	2,66	0,93	0,59
	PC laptop	x		220	0,34		0,08	220	0,34	0,93	0,08
	Impresora laser	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0,93	0,49
	Impresora multipropósito	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0,93	0,49
	Split	x		110	54,5 5		6,00	110	54,5 5	0,93	6,00
	Swich	x		110	0,27		0,03	110	0,27	0,93	0,03
	Swich	x		110	0,27		0,03	110	0,27	0,93	0,03

	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	PC	x		220	2,73	0,95	0,60	220	2,73	0,95	0,60
	Aires Acondicionados	x		220	2,66	0,95	0,59	220	2,66	0,95	0,59
<b>Laboratorio de Computación Mecánica</b>	Aires Acondicionados	x		220	2,66	0,95	0,59	220	2,66	0,95	0,59
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70	0,95	0,50	110	1,70	0,95	0,50
	ventilador	x		110	0,41	0,95	0,05	110	0,41	0,95	0,05

	swich	x		110	0,27	0,95	0,03	110	0,27	0,95	0,03
<b>Decanato F.M.E</b>	impresora lx	x		220	1,36	0,95	0,30	220	1,36	0,95	0,30
	Desktop pc	x		110	4,09		0,45	110	4,09	0,95	0,45
	Desktop pc	x		110	4,09		0,45	110	4,09	0,95	0,45
	Desktop pc	x		110	4,09		0,45	110	4,09	0,95	0,45
	Desktop pc	x		110	4,09		0,45	110	4,09	0,9	0,45
	Desktop pc	x		110	4,09		0,45	110	4,09	0,95	0,45
	Impresora laser	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0,8	0,49
	Impresora laser	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0,8	0,49
	televisor	x		110	0,77		0,09	110	0,77	0,95	0,09
	televisor	x		110	0,77		0,09	110	0,77	0,95	0,09
<b>Mediciones eléctricas</b>	Desktop pc	x		110	4,55	0,95	0,50	110	4,55	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	4,55	0,95	0,50	110	4,55	0,95	0,50
	Desktop pc	x		110	4,55	0,95	0,50	110	4,55	0,95	0,50
	Deshumificador	x		110	4,77	0,90	0,53	110	4,77	0,90	0,53
	Bomba de Vacío	x		110	2,00		0,22	110	2,00	0,8	0,22
	Aires Acondicionados	x		220	27,27		6,00	220	27,27	0,96	6,00
	ventilador	x		110	0,41		0,05	110	0,41	0,8	0,05
	ventilador	x		110	0,41		0,05	110	0,41	0,8	0,05
	Rubocímetro	x		110	2,00		0,22	110	2,00	0,96	0,22
	Máquina de prensa Hidráulica	x		110	2,00		0,22	110	2,00	0,8	0,22
Impresora laser	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0,8	0,49	

	Impresora laser	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0,96	0,49
<b>Departamento de Eléctrica</b>	Aires Acondicionados	x		220	11,36		2,50	220	11,36	0,93	2,50
	Desktop pc	x		110	4,55		0,50	110	4,55	0,96	0,50
	Desktop pc	x		110	4,55		0,50	110	4,55	0,93	0,50
	Desktop pc	x		110	4,55		0,50	110	4,55	0,96	0,50
	Desktop pc	x		110	4,55		0,50	110	4,55	0,93	0,50
	Desktop pc	x		110	4,55		0,50	110	4,55	0,96	0,50
	Desktop pc	x		110	4,55		0,50	110	4,55	0,93	0,50
	ventilador	x		110	0,41		0,05	110	0,41	0,96	0,05
	ventilador	x		110	0,41		0,05	110	0,41	0,93	0,05
	Impresora laser	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0,96	0,49
	Impresora laser	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0,93	0,49
	<b>Sala de Profesores</b>	split	x		220	11,36	0,95	2,50	220	11,36	0,95
Desktop pc		x		110	4,55		0,50	110	4,55	0,93	0,50
Desktop pc		x		110	4,55		0,50	110	4,55	0,93	0,50
<b>Laboratorio de Circuitos Eléctricos</b>	Aires Acondicionados										
	Desktop pc										
<b>Micro</b>	Aires Acondicionados										
	Desktop pc										
	Ambientador										
<b>Resistencia de los</b>	Desktop pc										

<b>Materiales</b>	Máquinas extracción										
	Ventilador										
	Aires Acondicionados										
<b>Electrónica de Potencia</b>	Aires Acondicionados										
	Desktop pc										
	Ambientador										
	Estación de soldar										
<b>Laboratorio de Informática</b>	Aires Acondicionados										
	Desktop pc										
	split										
<b>Comp. Profes Mecánica</b>	Desktop pc										
<b>Departamento de Mecánica</b>	Ventilador	x		110	0,410	0,82	0,050	380	0,550	0,82	1,300
	Desktop pc	x		110	3,180	1,00	0,350	380	8,000	0,81	5,500

Tabla 2.3 Carga Instalada en el Edificio 3 del Docente

Area o Dpto.	Tipo de Equipo	Aliment.		Datos Nominales			kW	Datos Reales			kW
		1f	3f	V	I	FP		V	I	FP	
<b>Mecánica de Rocas</b>	Prensas	x		220	30,00		6,60	220	30,00		6,60
	Prensas	x		220	30,00		6,60	220	30,00		6,60
	Prensas	x		220	30,00		6,60	220	30,00		6,60
	Prensas	x		220	30,00		6,60	220	30,00		6,60
	Prensas	x		220	30,00		6,60	220	30,00		6,60
	Prensas	x		220	30,00		6,60	220	30,00		6,60
	taladro	x		220	11,36		2,50	220	11,36		2,50

	Tamizadora	x		220	2,50		0,55	220	2,50		0,55
	Tamizadora	x		220	2,50		0,55	220	2,50		0,55
	Molino	x		220	16,36		3,60	220	16,36		3,60
	Balanza	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Balanza	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Balanza	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Laptop	x		110	0,68		0,08	110	0,68		0,08
<b>Laboratorio de Ciencia de los Metales</b>	Pc Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Microscopios	x		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	TV	x		110	0,77		0,09	110	0,77		0,09
	Durómetro	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
Durómetro	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03	
Durómetro	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03	
Durómetro	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03	
Durómetro	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03	
Durómetro	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03	
Deshumificadores	x		110	4,77		0,53	110	4,77		0,53	
Deshumificadores	x		110	4,77		0,53	110	4,77		0,53	

	Impresoras	x		110	2,27		0,25	110	2,27		0,25
	Aire Acondicionado	x		110	4,77		0,53	110	4,77		0,53
<b>Tecnología de los Metales</b>	Pulidora	x		220	5,91		1,30	220	5,91		1,30
	Pulidora	x		220	5,91		1,30	220	5,91		1,30
	Horno	x		110	21,82		2,40	110	21,82		2,40
	taladro Grande	x		110	31,82		3,50	110	31,82		3,50
	taladro Grande	x		110	31,82		3,50	110	31,82		3,50
	Horno	x		110	45,45		5,00	110	45,45		5,00
<b>Laboratorio de Mecánica</b>	PC Laptop	x		110	0,68		0,08	110	0,68		0,08
	PC Laptop	x		110	0,68		0,08	110	0,68		0,08
	PC Laptop	x		110	0,68		0,08	110	0,68		0,08
	PC Laptop	x		110	0,68		0,08	110	0,68		0,08
	Ventiladores	x		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05
	Ventiladores	x		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05
<b>Laboratorio de modelación</b>	Cortadoras de Roscas		x	220	22,73		5,00	220	22,73		5,00
	Concretera Horizontal		x	220	20,45		4,50	220	20,45		4,50
	Concretera Vertical		x	220	20,45		4,50	220	20,45		4,50
	Ventiladores	x		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05
	Pc Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Cement. Joiting Table		x	220	0,23		0,03	110	0,23		0,03
<b>Laboratorio de Fotogrametría</b>	TV	x		110	0,00		0,09	110	0,00		0,09
	Laptop	x		110	0,00		0,08	110	0,00		0,08
	Ventilador	x		110	0,00		0,05	110	0,00		0,05
	TV	x		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05
	Aire Acondicionado	x		110	10,91		1,20	110	10,91		1,20
	Aire Acondicionado	x		110	10,91		1,20	110	10,91		1,20

<b>Petrografía</b>	Deshumificador	x	110	4,77	0,53	110	4,77	0,53	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	Microscopio	x	110	0,22	0,02	110	0,22	0,02	
	<b>Laboratorio de Mineralogía</b>	Microscopio	x	110	0,23	0,05	110	0,23	0,05
		Microscopio	x	110	0,23	0,05	110	0,23	0,05
Lupas Eléctricas		x	110	0,23	1,20	110	0,23	1,20	
Lupas Eléctricas		x	110	0,23	1,20	110	0,23	1,20	
Agitador Magnético		x	110	0,23	0,53	110	0,23	0,53	

	Balanza Eléctrica	x		110	0,14		0,02	110	0,14		0,02
	Lámpara Ultravioleta	x		110	0,23		0,60	110	0,23		0,60
<b>Laboratorio de Paleontología</b>	Aire Acondicionado	x		220	5,45		1,20	220	5,45		1,20
	Microscopio	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Microscopio	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Microscopio	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Microscopio	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Microscopio	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Microscopio	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Deshumificadores	x		110	4,77		0,53	110	4,77		0,53
<b>Laboratorio de Computación Minería</b>	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Switch	x		110	0,27		0,03	110	0,27		0,03
	Pila de Agua	x		110	0,45		0,05	110	0,45		0,05
	Retroproyectores	x		110	5,45		0,60	110	5,45		0,60
<b>Gabinete de Materiales de Construcción</b>	PC Desktop	x		110	4,55	0,50	0,30	110	4,55	0,90	0,30
	Impresoras	x		110	2,73	0,30	0,45	110	2,73	0,80	0,45
<b>Laboratorio de Ventilación</b>	Laptop	x		110	0,68		0,08	110	0,68		0,08
	Petroproyectores	x		110	5,45		0,60	110	5,45		0,60
	Bombas de Vacío	x		110	2,73		0,30	110	2,73		0,30
	Bombas de Vacío	x		110	2,73		0,30	110	2,73		0,30
	Bombas de Vacío	x		110	2,73		0,30	110	2,73		0,30
<b>Dirección de Matemática</b>	Ventilador	x		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05
	Impresoras	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03

	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
<b>Laboratorio de Computacion</b>	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Switch	x		110	2,73		0,30	110	2,73		0,30
<b>Departamento de Matemática</b>	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Switch	x		110	0,27		0,03	110	0,27		0,03
	Impresora	x		110	2,27		0,25	110	2,27		0,25
<b>Laboratorio de Informática NTI</b>	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Aire Acondicionado	x		110	53,18		5,85	110	53,18		5,85
	Aire Acondicionado	x		110	53,18		5,85	110	53,18		5,85
	<b>Decanato de Geología</b>	PC Desktop	x		110	4,55		0,50	110	4,55	
PC Desktop		x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
PC Desktop		x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
PC Desktop		x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
PC Desktop		x		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
Impresoras		x		110	2,73		0,30	110	2,73		0,30
Impresoras		x		110	2,73		0,30	110	2,73		0,30
Impresoras		x		110	2,73		0,30	110	2,73		0,30
Ventilador		x		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05

	Aire Acondicionado	x	110	5,32	0,59	110	5,32	0,59
	Aire Acondicionado	x	110	5,32	0,59	110	5,32	0,59
	TV	x	110	0,77	0,09	110	0,77	0,09
	Pila de Agua	x	110	0,45	0,05	110	0,45	0,05
<b>Secretaría Docente</b>	PC Desktop	x	110	4,55	0,50	110	4,55	0,50
	Impresoras	x	110	2,27	0,25	110	2,27	0,25
	Impresoras	x	110	2,27	0,25	110	2,27	0,25
	Ventilador	x	110	0,41	0,05	110	0,41	0,05
<b>Departamento de PPD</b>	PC Desktop	x	110	4,55	0,50	110	4,55	0,50
	PC Desktop	x	110	4,55	0,50	110	4,55	0,50
	Impresoras	x	110	2,27	0,25	110	2,27	0,25
<b>Aula de Profesores de Minería</b>	Laptop	x	110	0,68	0,08	110	0,68	0,08
	Laptop	x	110	0,68	0,08	110	0,68	0,08
<b>Gabinete de Maquinarias</b>	PC Desktop	x	110	4,545	0,50	110	4,545	0,50
	PC Desktop	x	110	4,545	0,50	110	4,545	0,50
	PC Desktop	x	110	4,545	0,50	110	4,545	0,50
	PC Desktop	x	110	4,545	0,50	110	4,545	0,50
	Switch	x	110	0,273	0,03	110	0,273	0,03
<b>J'Dpto de Minería</b>	TV	x	110	0,773	0,09	110	0,773	0,09
	PC Desktop	x	110	4,545	0,50	110	4,545	0,50
	PC Desktop	x	110	4,545	0,50	110	4,545	0,50
	Impresoras	x	110	2,273	0,25	110	2,273	0,25
	Retroproyectores	x	110	5,455	0,60	110	5,455	0,60
	Retroproyectores	x	110	5,455	0,60	110	5,455	0,60
	Ventilador	x	110	0,409	0,05	110	0,409	0,05

Tabla2.4 Carga Instalada en el Edificio 4 del Docente

Area o Dpto.	Tipo de Equipo	Aliment.		Datos Nominales			kW	Datos Reales			kW
		1f	3f	V	I	FP		V	I	FP	
	PC	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,500
Editorial Digital	PC	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,500
	PC	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,500
	PC	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,500
	PC	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,500
	1-Aire acondicionado 585 w	X		220	2,66		0,59	220	2,66		0,59
	1- Switch (30 W)	X		110	0,27		0,03	110	0,27		0,03
Laboratorio de espectrocopia infraroja	PC	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Aire acondicionado	X		220	6,82		1,50	220	6,82		1,50
	Espectrométrico infrarrojo	X		110	3,64		0,40	110	3,64		0,40
	Deshumudificador	X		110	4,77		0,53	110	4,77		0,53
	TV	X		110	0,50		0,06	110	0,50		0,06
	PC personal	X		110	5,91		0,65	110	5,91		0,65
	PC personal	X		110	5,91		0,65	110	5,91		0,65
Análisis de agua	Deshumudificador	X		110	4,77		0,53	110	4,77		0,53
	Aire acondicionado	X		220	2,66		0,59	220	2,66		0,59
	Aire acondicionado	X		220	2,66		0,59	220	2,66		0,59

	Espectro fotométrico	X		110	0,00		0,40	110	0,00		0,40
	Balanza analítica	X		110	0,09		0,01	110	0,09		0,01
	Balanza analítica	X		110	0,09		0,01	110	0,09		0,01
	Estéreo Microscópico	X		110	0,27		0,03	110	0,27		0,03
	Balanza microanalítica	X		110	0,27		0,03	110	0,27		0,03
	Microscopio petrográfico	X		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
Local física nuclear	Aire acondicionado	X		220	6,82		1,50	220	6,82		1,50
	Aire acondicionado	X		220	6,82		1,50	220	6,82		1,50
	PC (laptop)	X		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	Compresor	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Compresor	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Compresor	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Memory Time Counter	X		110	0,50		0,06	110	0,50		0,06
	Memory Time Counter	X		110	0,50		0,06	110	0,50		0,06
	Memory Time Counter	X		110	0,50		0,06	110	0,50		0,06
	Memory Time Counter	X		110	0,50		0,06	110	0,50		0,06
	Memory Time Counter	X		110	0,50		0,06	110	0,50		0,06
	Memory Time Counter	X		110	0,50		0,06	110	0,50		0,06

	Balanza	X		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Fuente láser de neón	X		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05
	Fuente láser de neón	X		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05
	Fuente láser de neón	X		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05
	Proyector de vista fija	X		110	0,50		0,06	110	0,50		0,06
	Stroboscope	X		110	0,77		0,09	110	0,77		0,09
	Bomba de vacío	X		110	0,41		0,05	110	0,41		0,05
Lab. de óptica y física Molecular	Aire acondicionado	X		220	5,45		1,20	220	5,45		1,20
	Aire acondicionado	X		220	5,45		1,20	220	5,45		1,20
	PC (laptop)	X		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	PC (laptop)	X		110	0,59		0,07	110	0,59		0,07
	PC	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
	Lámpara de mercurio	X		110	0,68		0,08	110	0,68		0,08
	Dispositivo para la construcción de planck	X		110	0,68		0,08	110	0,68		0,08
	Dispositivo para la construcción de planck	X		110	0,68		0,08	110	0,68		0,08
	Fuente	X		110	3,41		0,38	110	3,41		0,38
	Carrete de Runkoff	X		110	0,77		0,09	110	0,77		0,09

	Carrete de Runkoff	X		110	0,77		0,09	110	0,77		0,09
	Aire acondicionado	X		110	10,91		1,20	110	10,91		1,20
Lab de Electricidad y Magnetismo	Aire acondicionado	X		110	10,91		1,20	110	10,91		1,20
	Aire acondicionado	X		110	10,91		1,20	110	10,91		1,20
	PC	X		110	4,55		0,50	110	4,55		0,50
Física II	Aire acondicionado	X		110	10,91		1,20	110	10,91		1,20
	Aire acondicionado	X		110	10,91		1,20	110	10,91		1,20
	Multímetro	X		110	1,36		0,15	110	1,36		0,15
	Multímetro	X		110	1,36		0,15	110	1,36		0,15
	Multímetro	X		110	1,36		0,15	110	1,36		0,15
	Multímetro	X		110	1,36		0,15	110	1,36		0,15
Lab de Microscopía	Microscopios Grandes	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Microdrome	x		110	0,07		0,01	110	0,07		0,01
	Lenalof	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Palam	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Proyector	x		110	1,14		0,13	110	1,14		0,13
	Sistema de Microfoto	x		110	2,27		0,25	110	2,27		0,25
	Aire Acondicionado	x		110	5,32		0,59	110	5,32		0,59
	Aire acondicionado	x		110	11,36		1,25	110	11,36		1,25

	TV	x		110	0,55		0,06	110	0,55		0,06
	Cámara digital	x		110	0,05		0,01	110	0,05		0,01
	Deshumificador	x		110	4,77		0,53	110	4,77		0,53
	Monitor	x		110	0,55		0,06	110	0,55		0,06
	UPC	x		110	0,55		0,06	110	0,55		0,06
Ciencias de la Información	PC(Laptop)	x		220	0,27		0,06	220	0,27		0,06
	Monitor	x		220	0,68		0,15	220	0,68		0,15
	Fuente	x		220	1,70		0,38	220	1,70		0,38
	UPC	x		220	0,27		0,06	220	0,27		0,06
Laboratorio De Piedras	Agitador Magnético	x		110	7,36		0,81	110	7,36		0,81
	Microscopio Grandes	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Máquina de desvaste	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Máquina de divaste	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Máquina de divaste	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Máquina de divaste	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Cortadora de proveta	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Máquina cortadora	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Máquina esmeriladora	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03
	Máquina de pulir	x		110	0,23		0,03	110	0,23		0,03

Horno	x	110	31,82	3,50	110	31,82	3,50
Estufa	x	110	13,64	1,50	110	13,64	1,50

Tabla 2.5 Relación de la carga instalada en el área docente del ISMMM

Banco Docente del ISMMM			
Edificio	Circuito de Fuerza	Circuito de Alumbrado	Total
1	39,429 kW	4,3 kW	43,729 kW
2	112,48 kW	6,24 kW	118,72 kW
3	130,01 kW	9,476 kW	139,49 kW
4	35,419 kW	6.62 kW	42,039 kW

La figura que se muestra a continuación muestra la relación que existe entre el circuito de fuerza y el circuito de alumbrado en el docente.

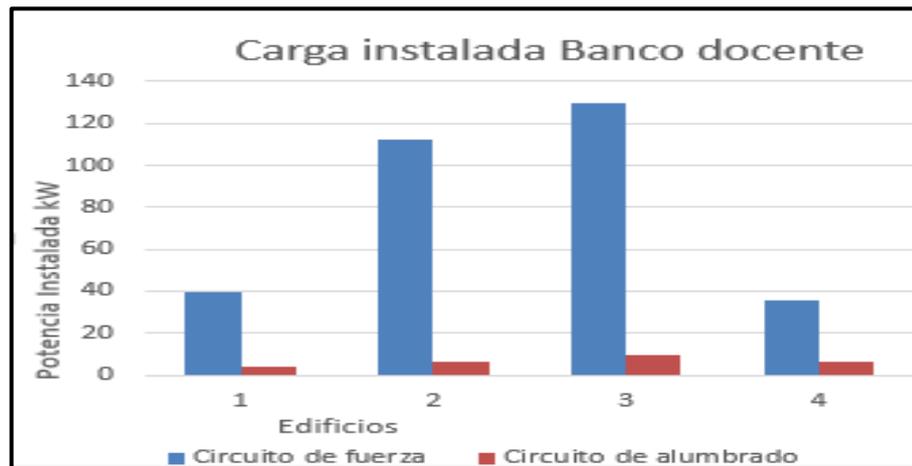


Figura 2.4 Relación circuito de fuerza & circuito de alumbrado.

## 2.5 Descripción de las cargas instaladas por edificios en la residencia.

### Edificio 1

Presenta una carga instalada de 21,04 kW distribuida en 2,6 kW para iluminación y 18,44 kW de fuerza. El sistema de protección está estructurado por una cuchilla general ubicada en el primer piso (cuarto 114), la cual controla el edificio desde la segunda hasta la cuarta planta, también se puede decir que en cada planta por individual hay una cuchilla que alimenta los pisos particularmente, dichas cuchillas se encuentran en un muy mal estado y se puede observar las conocidas tendederas hechas por los

propios estudiante las cuales son realizadas con cables que tienen distintos calibres lo cuales en su mayoría no soportan la corriente y provocan cortocircuitos. Uno de los problemas que se muestran aquí es que el primer desconectivo que también abarca las oficinas de la FEU y UJC está conectado directamente al panel general, es decir que este no responde al desconectivo general del edificio 1. Esto se puede observar en las figuras que se relacionan a continuación. Figura2.5



Fig 2.5 Desconectivo perteneciente al cuarto 114

## **Edificio 2**

El panel principal se encuentra localizado en el pasillo central del primer piso y está configurado por 3 cuchillas y 4 breaker, este edificio se encuentra en reparación por lo que no se puede describir detalladamente.

## **Edificio 3**

Este edificio se alimenta eléctricamente desde el banco de transformadores de la residencia estudiantil a través del breaker # 3 de la pizarra eléctrica. Además cuenta con un sistema de breakers independientes en el propio edificio que pueden desconectar el edificio en general, cada planta o cada cuarto, aunque el breaker # 3 esté conectado. La alimentación del edificio es

trifásica aunque la fase #1 no está siendo utilizada y entre las fase #2 y #3 no existe un balance de las cargas siendo la #3 la fase a la que más cargas hay conectadas. Se distribuye la carga instalada en 44,99 kW repartidos en 4,86 kW de alumbrado y 40,13 kW en el circuito de fuerza. Esto se puede observar en las figuras que se relacionan a continuación. Figura2.6



Fig 2.6 Desconectivo perteneciente al edificio #3

#### **Edificio 4**

En el edificio 4 existen otras características en cuanto a la distribución de la energía, ya que los dispositivos principales de protección se ubican en dos lugares por separados y alimentan 2 áreas distintas, en el cuarto 412 y 414 se encuentran ubicados los desconectivos del primer piso, el segundo piso es alimentado por los breaker de los cuartos 422 y 424, el tercer y cuarto piso son alimentados por los desconectivos localizados en los cuartos 432, 434 y 442 y 444, de manera general se puede decir que los registros eléctricos se encuentran en muy mal estado, no presentan ningún tipo de soporte y los conductores se encuentran en peligro de que ocurran cortocircuitos producto a la humedad que existe en el área, por las filtraciones continuas que allí ocurren. El sistema de protección por pisos del edificio está inactivo y sin ningún tipo de protección con los cables

punteados, inclusive se pudo encontrar muchas tendederas eléctricas hechas por los estudiantes en ausencia de estos dispositivos de protección. Además este edificio es el más grande y por ende el más consumidor, con 74,7 kW instalados que se reparten entre 3,94kW de alumbrado y 70,76kW de fuerza. Esto se puede observar en las figuras que se relacionan a continuación. Figura2.7 hasta la Figura2.14

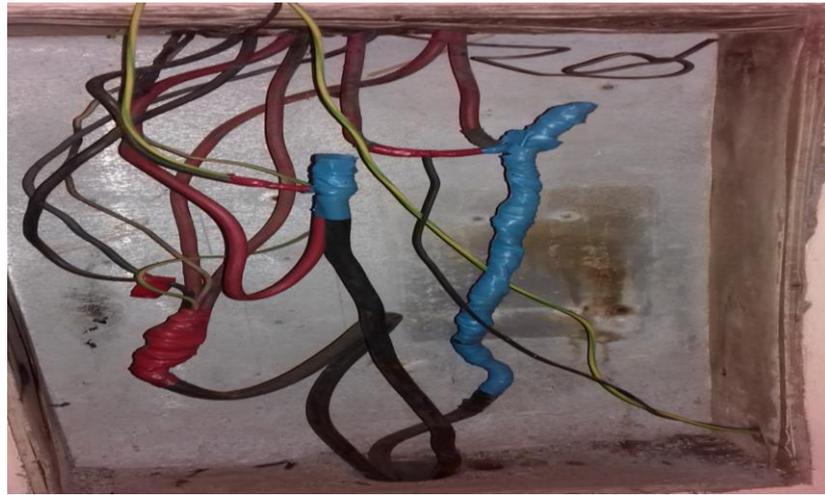


Fig 2.7 Conectivo perteneciente al cuarto 412



Fig 2.8 Conectivo perteneciente al cuarto 414

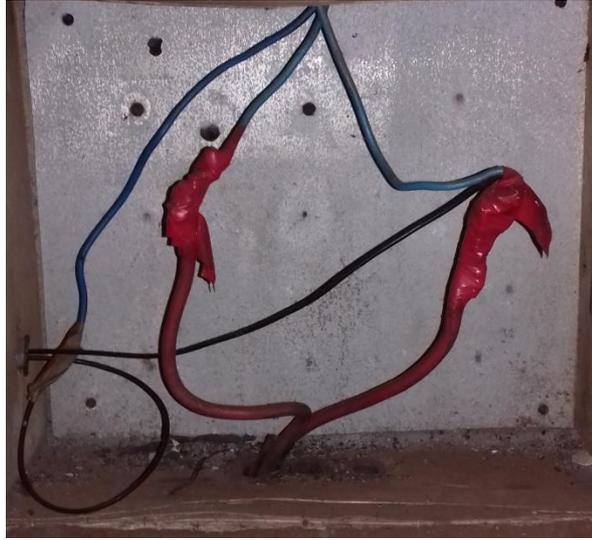


Fig 2.9 Conectivo perteneciente al cuarto 422



Fig 2.10 Conectivo perteneciente al cuarto 424

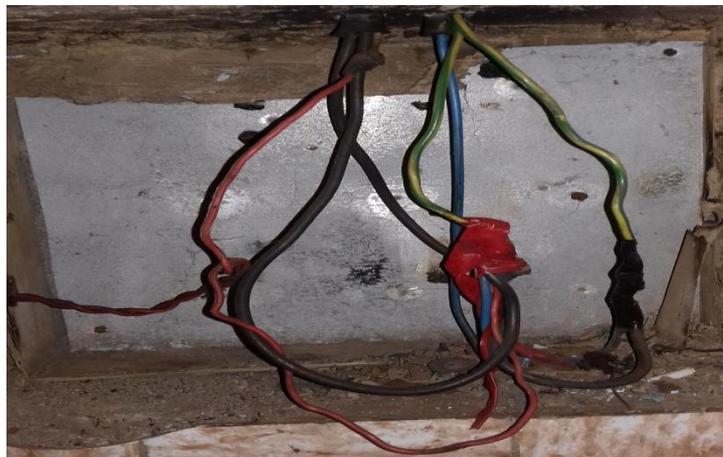


Fig 2.11 Conectivo perteneciente al cuarto 432



Fig 2.12 Conectivo perteneciente al cuarto 434

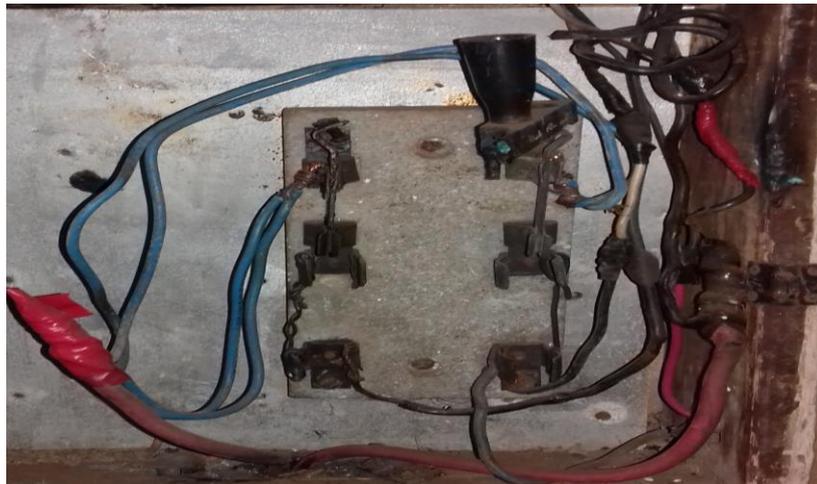


Fig 2.13 Conectivo perteneciente al cuarto 442

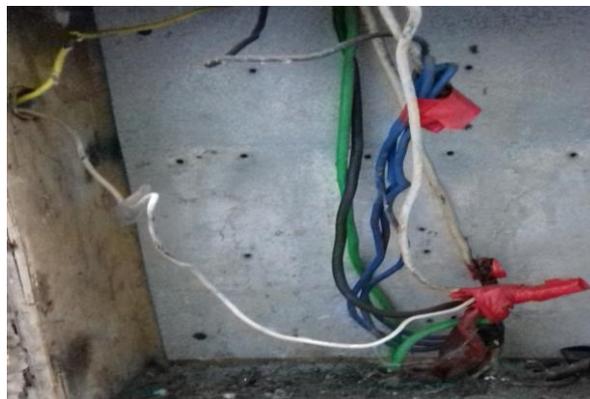


Fig 2.14 Conectivo perteneciente al cuarto 444

## Hotelito

Este edificio ha sufrido cambios a raíz de reparaciones realizadas en el mismo. Muchos de los equipos que existían ya no se tienen en cuenta por deterioro o vencimiento de su tiempo de vida útil. Tal es el caso de ventiladores, televisores, refrigeradores, aires acondicionados y luminarias. El circuito de fuerza presenta una carga instalada de 27,81 kW en las dos escaleras de profesores y 18.61 kW en las escaleras de postgrado, llegando a un total de 46, 42 kW para dicho circuito en este edificio. El circuito de alumbrado presenta 3.23 kW en el área de los profesores y 2,133 kW en postgrado para un total de 5,363 kW. En la siguiente tabla se muestran la relación de la carga instalada en el banco de residencia del ISMMM.

Tabla 2.6 Carga Instalada en el Edificio 1 de la residencia estudiantil

Area o Dpto.	Tipo de Equipo	Aliment.		Datos Nominales			kW	Datos Reales			kW
		1f	3f	V	I	FP		V	I	FP	
Edificio # 1	Ollas Arroceras (3)	x		110	38,18		4,20	110	38,18	0.8	4,20
	Ollas Reyna (2)	x		110	29,10		3,20	110	29,10	0.86	3,20
	Hornilla (9)	x		110	250,90		10.8	110	250,90		10.8
	Calentadores(5)	x		110	81,81		9,00	110	81,81	0.89	9,00
	TV(6)	x		110	17,00		0.510	110	17,00	0.8	0.510
	TV(4)	x		110			0.220	110		0.96	0.220
	Laptop(11)	x		110	15,36		1,69	110	15,36	0.86	1,69
	Ventilador(44)	x		110	0,59		2.20	110	0,59		2.20
	Equipo de Música(2)	x		110	5,30		0,35	110	5,30	0.8	0,35

Tabla 2.7 Carga Instalada en el Edificio 3 de la residencia estudiantil

Area o Dpto.	Tipo de Equipo	Aliment.		Datos Nominales			kW	Datos Reales			kW
		1f	3f	V	I	FP		V	I	FP	
Edificio # 3	Ollas Arroceras (12)	x		110	152,72		16,80	110	152,72	0.89	16,80
	Ollas Reyna	x		110	101,81		11.2	110	101.81	0.96	11.2

(10)										
Hornilla (29)	x		110	294,54		34.80	110	294,54	0.86	34.80
Calentadores(15)	x		110	90,90		10,00	110	90,90	0.8	10,00
TV(11)	x		110	17,81		0.935	110	17,81	0.93	0.935
Refrigeradores (6)	x		110			0,44	110		0.89	0,44
Laptop(11)	x		110	15,36		1,69	110	15,36	0.93	1,69
Ventilador(49)	x		110	2,05		2.45	110	2,05	0.8	2.45
TV(9)	x		110	294,54		34.80	110	294,54	0.96	34.80

Tabla 2.8 Carga Instalada en el Edificio 4 de la residencia estudiantil.

Area o Dpto.	Tipo de Equipo	Alim ent.		Datos Nominales			kW	Datos Reales			kW
		1f	3f	V	I	FP		V	I	FP	
Edificio # 4	Ollas Arroceras (7)	x		110	108,18		11,90	110	108,18	0.93	11,90
	Ollas Reyna (9)	x		110	36,36		4,00	110	36,36	0.89	4,00
	Hornilla (22)	x		110	370,90		40,80	110	370,90	0.8	40,80
	Calentadores(6)	x		110	54,54		6,00	110	54,54	0.96	6,00
	TV(8)	x		110	15,45		1,70	110	15,45	0.86	1,70
	Refrigeradores (18)	x		110	36,00		3,96	110	36,00	0.93	3,96
	Laptop(30)	x		110	17,73		1,95	110	17,73	0.8	1,95
	Ventilador(67)	x		110	29,27		3.35	110	29,27	0.93	3.35
	TV(11)	x		110	4,00		0,45	110	4,00	0.96	0,45

Tabla 2.9 Carga Instalada en Hotelito Académico.

Hotelito Académico	Tipo de Equipo	Alim ent.		Datos Nominales			kW	Datos Reales			kW
		1f	3f	V	I	FP		V	I	FP	
Aseguramiento	Desktop pc	x		110	1,75		0,50	110	1,75	0.95	0,50
	Impresora	x		110	2,50		0,59	110	2,50	0.8	0,59
Almacén	Ventiladores	x		110	0,45		0,05	110	0,45	0.9	0,05
Oficina de	Desktop pc	x		110	4,50		0,50	110	4,50	0.89	0,50

<b>Alimentación</b>	Impresora	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0.8	0,49
	Ventilador	x		110	0,45		0,04	110	0,45	0.97	0,04
<b>Puesto de Mando</b>	TV	x		110	0,77		0.085	110	0,77	0.9	0.085
	Ventilador	x		110	0,45		0,05	110	0,45	0.95	0,05
<b>Economía</b>	Desktop pc	x		110	3,00		0,50	110	3,00	0.8	0,50
	Desktop pc (5)	x		110	1,00		2,50	110	1,00	0.9	2,50
	Desktop pc	x		110	1,70		0,30	110	1,70	0.97	0,30
	Impresora	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0.89	0,49
<b>Dirección de Aseguramiento</b>	Computadoras (2)	x		110	1,50		0,60	110	1,50	0.8	0,60
	Impresora (2)	x		110	5,60		1,40	110	5,60	0.9	1,40
	Ventilador	x		110	0,45		0,11	110	0,45	0.89	0,11
<b>Estadísticas</b>	Desktop pc	x		110	1,70		0,30	110	1,70	0.95	0,30
<b>Finanzas</b>	Desktop pc	x		110	1,70		0,30	110	1,70	0.8	0,30
	Desktop pc	x		110	3,00		0,50	110	3,00	0.97	0,50
<b>Caja de Pago</b>	Ventilador	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0.89	0,49
	Calculadora Eléctrica	x		110	0,13		12,00	110	0,13	0.9	12,00
<b>Dirección de Economía</b>	Desktop pc	x		110	1,50		0,30	110	1,50	0.8	0,30
	Impresora	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0.97	0,49
	Ventilador	x		110	0,45		0,11	110	0,45	0.89	0,11
<b>Inversiones</b>	Desktop pc	x		110	3,00		0,50	110	3,00	0.9	0,50
	Desktop pc	x		110	1,70		0,30	110	1,70	0.8	0,30
	Impresora	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0.89	0,49
	Ventilador(2)	x		110	0,90		0,22	110	0,90	0.9	0,22
	Laptop	x		110	0,45		0,49	110	0,45	0.97	0,49
<b>Comedor Obrero</b>	Caja de Agua	x									
<b>Cocina</b>	Molino de Carne(2)	x		220						0.8	
	Nevera	x		110							
	Pesa Eléctrica	x		110							
	Horno	x		110							
	Refrigerador	x		110							
<b>Residencia</b>	Ollas Arroceras(14)	x		110	108,18		11,90	110	108,1	0.8	11,90
	Ollas Reyna(10)	x		110	36,36		4,00	110	36,36	0.9	4,00
	Hornilla(21)	x		110	370,90		25.2	110	370,9	0.95	25.2
	Calentadores (6)	x		110	54,54		6,00	110	54,54	0.97	6,00

	TV(14)	x		110	15,45		1.19	110	15,45	0.8	1.19
	Refrigeradores(10)	x		110	36,00		3,96	110	36,00	0.9	3,96
	Laptop(6)	x		110	17,73		1,95	110	17,73	0.97	1,95
	Ventilador(27)	x		110	29,27		1.35	110	29,27	0.9	1.35

Tabla2.10 Carga instalada en el banco de la residencia del ISMMM

Banco Residencia del ISMMM			
Edificio	Circuito de Fuerza	Circuito de Alumbrado	Total
1	18,44 kW	2,6 kW	21,04 kW
3	40,13 kW	4,86 kW	44,99 kW
4	70,76 kW	3,94 kW	74,7 kW
Hotelito	46,42 kW	5,363 kW	51,783 kW

### **Comportamiento de la Calidad de la Energía en el ISMMM.**

En el ISMMM existen grandes problemas con respecto a este tema ya que se producen numerosas interrupciones debido a los altos índices de consumo, que ocasionan las pérdidas por calentamiento debido al mal estado de los conductores o su mala selección, también se pueden encontrar conductores sulfatados por las numerosas filtraciones, juntamente con esto se encuentran grandes números de desconectivos en estado crítico e inoperables, además las fases A y B en la residencia están desbalanceadas por un mal acomodo de las cargas.

Si se conocen las causas y los problemas energéticos que se enfrentan día a día se pueden encontrar posibles soluciones, es por eso que a partir de un análisis general y mediante el apoyo de consultas con expertos, se ha podido determinar que las principales irregularidades que limitan el mejor desarrollo de la Gestión Energética en el ISMMM está dado debido a la falta de conciencia con respecto al ahorro de la electricidad ya que se desperdicia la energía de una forma exagerada.

## **2.6 Métodos de medición empleados para el análisis y registro de los parámetros de la calidad de la energía.**

Para obtener información suficiente acerca del comportamiento de la red, los eventos de la calidad de energía deben ser medidos durante un período de tiempo relativamente largo. Se considera que el tiempo cíclico mínimo que dispone toda la variedad de estados diferentes de la red es de una semana, ya que cierra lo que puede ser un ciclo completo de producción en el sector industrial o un estimado del consumo relativamente dado en el sector residencial.

Cabe resaltar que este trabajo se apoya para su realización en el levantamiento neto de las cargas instaladas en el ISMMM y no en las mediciones realizadas. Teniendo en cuenta que no todos los equipos, instrumentos o dispositivos relacionados se usan diariamente. Por lo que de alguna manera debería ser provechoso para la dirección energética del instituto. Ya que el plan de energía debería en cierto modo quedar por encima de la demanda que tiene actualmente la institución.

## **2.7 Conclusiones**

- Se realiza una descripción de la carga instalada en el sistema de suministro eléctrico del área tomada como objeto de estudio.
- Se plantearon términos básicos en el análisis y registro de los parámetros de la calidad de la energía para obtener información suficiente acerca del comportamiento de la red.

## **CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Introducción**

El presente capítulo refleja los resultados de la investigación, así como la solución a cada una de las tareas realizadas. Se propondrán soluciones referidas a la incorrecta planificación de la energía eléctrica en el ISMMM, además de medidas organizativas con respecto al tema.

### **3.2 Evaluación del consumo de energía eléctrica en el área docente**

La tabla 3.1 y 3.2 recogen el consumo de energía (kWh) por meses en el año 2017 correspondiente al área docente y residencia respectivamente, donde se muestra el plan mensual, el consumo real, lo dejado de consumir y el porcentaje de cumplimiento que representa con respecto al plan.

A través de estos datos se puede observar que el plan de energía en el instituto no está debidamente planificado en función de la carga que tiene instalada. Las medidas que se han tomado en el ISMMM a pesar de haberse realizado investigaciones al respecto en más de una década, no han sido suficientes para mantener una estabilidad en cuanto al ahorro de energía eléctrica.

Ambas tablas muestran cómo se deja de consumir o se sobreconsume energía eléctrica en valores desproporcionales, y que de alguna forma no se corresponden con las actividades planificadas en esos meses. Los meses de Mayo y Junio son meses en los que se consume más energía que la planificada o asignada al instituto, sin embargo no se ha tenido en cuenta esto para su debida asignación energética.

Si se observa en el año el consumo no alcanza más del 77% del plan asignado al banco de residencia, y en el docente no supera el 50%. Entonces cómo se entiende que existan meses en los que no alcance energía eléctrica para consumir, y otros en los que se deja de consumir hasta un 20% del plan. Esto se debe a que existe una mala planificación energética y no se está controlando de manera eficiente a los responsables de esta tarea.

Tabla 3.2 Consumo de energía del año 2017 en el banco docente

Meses	Plan	Consumo	Deja de Consumir	Cumplimiento
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	%
Enero	17494	14612	- 2882	83
Febrero	18500	15653	-2847	84
Marzo	18600	15903	-2697	85
Abril	17060	13985	-3075	81
Mayo	18900	19052	+152	100.8
Junio	19445	19488	+43	100.22
Julio	18103	14844	-3259	81
Agosto	8550	8256	-294	96
Septiembre	18405	17010	-1395	92
Octubre	17701	17805	+104	100.58
Noviembre	21988	15982	-6006	72.68
Diciembre	29500	24608	-4892	83.41
<b>Total Año</b>	<b>224246</b>	<b>197198</b>	<b>-27048</b>	<b>50</b>

Tabla 3.2 Consumo de energía del año 2017 en el banco de residencia

Meses	Plan	Consumo	Deja de Consumir	Cumplimiento
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	%
Enero	29506	27397	-2109	92
Febrero	28500	26447	-2053	92
Marzo	28600	27902	-698	92
Abril	24502	24256	-246	98
Mayo	28100	27626	-474	98
Junio	28840	26805	-2035	92
Julio	25086	23806	-1280	94
Agosto	20230	19372	-858	95
Septiembre	28385	27325	-1060	96
Octubre	30873	31001	+128	100.4
Noviembre	35000	27578	-7422	78

Diciembre	29500	24608	-4892	83.41
<b>Total Año</b>	<b>337122</b>	<b>314123</b>	<b>-22999</b>	<b>77.25</b>

### **3.2 Posibles soluciones para evitar el sobreconsumo y los apagones en el ISMMM.**

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 ISMMM, desde los interruptores por local hasta los totalizadores ubicados en el panel principal; se necesita reevaluar y si es necesario sustituirlos por los que deberían instalarse según la demanda existente y tener en cuenta fundamentalmente los siguientes aspectos:

1. Estado técnico de los desconectivos (en caso de ser necesario reemplazarlo 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. Prestar 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. Mantener actualizado de alguna manera la cantidad de equipos operativos y rotos que se encuentran instalados en el ISMMM.
8. Apagar las luminarias en las oficinas que tienen persianas (todas las del pasillo de economía y similares) y aulas en el horario de la mañana.
9. Instalar en el cuarto eléctrico alumbrado y manta dieléctrica.
10. Erradicar en el desconectivo totalizador de la residencia las siguientes deficiencias:
  - Alto calentamiento (fuera de norma) producto al falso contacto en las dos fases por malas conexiones y calcinación de los conductores.
  - Ausencia de láminas fusibles (presenta puentes de alambre sin calibración).
  - Gran desbalance de cargas entre la fase A y B.

11. Erradicar en el desconectivo de la bomba en la fase C directa al puente que da a la salida.
12. Poner la tapa en la parte de los fusibles del desconectivo del edificio 3.
13. Instalar en el desconectivo de la cocina láminas fusibles, y no puentes de alambre sin calibración.
14. Instalar un desconectivo general a las entradas de los edificios 1, 2 y 3
15. Gestionar cómo instalar interruptores en los paneles principales que sean automáticos.
16. Instalar contadores de energía en los paneles de control de cada edificio para determinar el consumo en cada uno de ellos, o por áreas.
17. Medir periódicamente el control de la carga instalada en función de la capacidad de los bancos de transformadores.
18. Crear una cultura del ahorro energético en las diferentes áreas del centro.
19. Implementar un Sistema de divulgación e información sobre los programas de ahorro en el centro, para combatir el desconocimiento por parte de la mayoría del personal del trabajo que se desarrolla.
20. Crear un sistema de planificación, control y de contabilidad energética en el ISMMM que permita la información en línea de la energía y que facilite los procesos de gestión en esta actividad.
21. Implementar fuentes de energía alternativas que puedan disminuir la demanda de electricidad o de otros portadores energéticos.

### **3.3 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 3.4 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 suministro 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.
4. En el desconectivo del cuarto piso colocar la fase B en el lugar que ocupa la A y esta desplazarla a la B.

### **3.4 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 existieran 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.

### **3.5 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 oficinas después de la jornada laboral en el área docente.

### **3.6 Medidas técnicas organizativas generales para mejorar la eficiencia del sistema eléctrico.**

#### **Sistema de iluminación**

1. Limpiar periódicamente las luminarias, porque la suciedad disminuye el nivel de iluminación de una lámpara hasta en un 20%.
2. Apagar las luces que no se necesiten, como por ejemplo cuando el personal está en refrigerio.
3. Evaluar la posibilidad de utilizar luz natural, instalando calaminas transparentes o similares, aprovechar este recurso, siempre que brinde un nivel adecuado de iluminación.
4. Usar colores claros en las paredes, muros y techos, porque los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.
5. Reemplazar los fluorescentes T-12 convencionales de 40 W por fluorescentes delgados de T-8 de 36 W porque ilumina igual. Este reemplazo significa un ahorro económico de 10% en tu facturación, ya

- que los T-8 consumen 4W menos, utilizan los mismos sockets y lo más importante es que cuestan igual.
6. Independizar y sectorizar los circuitos de iluminación, esto ayudará iluminar sólo los lugares que se necesitan.
  7. Instalar superficies reflectoras porque direcciona e incrementa la iluminación y posibilita la reducción de lámparas en la luminaria.
  8. Seleccionar las lámparas que suministren los niveles de iluminación requeridos en las normas de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolle.
  9. Utilizar balastos electrónicos, porque permiten ahorrar energía hasta un 10% y corrige el factor de potencia, así como incrementar la vida útil de los fluorescentes.
  10. Evaluar la posibilidad de instalar sensores de presencia, timers y/o dimmers para el control de los sistemas de iluminación de la empresa.
  11. Utilizar luminarias apropiadas como las pantallas difusoras con rejillas. No con difusores o pantallas opacas porque generan pérdidas de luz por lo que se tendrá que utilizar más lámparas.

### **Motores eléctricos**

1. Evitar el arranque y la operación simultánea de motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.
2. Evitar la operación en vacío de los motores.
3. Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo ocasionar daños mayores en el motor y en la carga.
4. Corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en los terminales del motor, genera un incremento de la corriente, sobre calentamiento y disminución de su eficiencia. Las normas permiten una caída de tensión del 5%. Para ellos utilizar conductores correctamente dimensionados.
5. Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe exceder en

ningún caso del 5%, pero mientras menor sea el desbalance, los motores operarán con mayor eficiencia.

6. Mantener bien ajustado y en óptimas condiciones el interruptor de arranque de los motores monofásicos de fase partida. El mal funcionamiento de este accesorio que se emplea para desconectar el devanado de arranque (y el condensador en los motores de arranque por condensador) provoca un sobrecalentamiento en los conductores ocasionando significativas pérdidas de energía y en caso extremo la falla del motor. Utilizar arrancadores a tensión reducida en aquellos motores que realicen un número elevado de arranques con esto se evitará un calentamiento excesivo en los conductores y se logrará disminuir las pérdidas durante la aceleración.
7. Sustituir en los motores de rotor devanado, los reguladores con resistencias para el control de la velocidad, por reguladores electrónicos más eficientes, porque las resistencias llegan a consumir hasta un 20% de la potencia que el motor toma de la red.
8. Instalar equipos de control de la temperatura del aceite de lubricación de cojinetes de motores de gran capacidad a fin de minimizar las pérdidas por fricción y elevar la eficiencia.

### **Transformadores**

1. Preocuparse por conocer la carga asociada al transformador para no sobrecargarlo, y así reducir las pérdidas en el Cobre.
2. Evitar operar transformadores a baja carga (menor al 20%), si es posible redistribuir las cargas.
3. Revisar el nivel y rigidez dieléctrica del aceite cada 6 meses, con el fin de controlar la capacidad aislante y refrigerante del mismo.
4. Realizar una limpieza periódica del transformador es decir superficie del tanque, aletas disipadoras de calor, bornes, etc.
5. Medir con frecuencia la temperatura superficial del transformador, ella no debe ser superior a 55°C, de ser así, debe revisarse el aceite dieléctrico.

### **Sistemas de Bombeo**

1. Revisar los filtros de la bomba y limpiarlos con frecuencia para evitar que las obstrucciones ocasionen sobrecargas que aumenten innecesariamente sus consumos de energía.
2. Verificar periódicamente que no haya fugas en los empaques interiores. Estas últimas pueden ocasionar pérdidas de energía.
3. Revisar toda la instalación de la tubería para verificar que no existan fugas en especial en las uniones de los tramos de tubería. Los empaques viejos y gastados y las uniones flojas pueden ocasionar fugas las cuales darán por resultado un mayor consumo eléctrico.
4. La potencia nominal suministrada por el motor, debe ser igual a la que requiere la bomba para trabajar a su máxima eficiencia. Si es superior está gastando innecesariamente la energía.
5. El motor debe estar perfectamente alineado con la bomba y montando sobre una superficie que reduzca las vibraciones.

### **Sistemas de Refrigeración y Climatización**

1. El empaque de las puertas de los equipos de refrigeración debe permitir el cierre hermético para impedir la entrada de aire caliente al espacio refrigerado.
2. Limpiar con frecuencia los filtros y los condensadores de los equipos de refrigeración.
3. En los ambientes climatizados con aire acondicionado o calefacción, asegurar el control de la temperatura, regulando el termostato conveniente (26 Grados).
4. No exigir mucho frío al aire acondicionado al momento de ponerlo en marcha. No refrescará el ambiente rápidamente, sólo gastará más energía.
5. Considerar la posibilidad de usar ventiladores eléctricos para mantener un ambiente cómodamente fresco la mayor parte del tiempo, a una fracción del costo operacional de un equipo de aire acondicionado que es caro.

### **Instalaciones Eléctricas**

Los conductores sobrecargados presentan temperaturas superiores a las

normales. Esto produce pérdidas por calentamiento y el riesgo de producirse cortocircuitos o incendio; por tal razón se recomienda:

1. Revisar la temperatura de operación de los conductores. El calentamiento puede ser causado, entre otras cosas por el calibre inadecuado de los conductores o por empalmes y conexiones mal efectuados.
2. La recomendación anterior se hace extensiva a los tableros de distribución, por tanto debe evitarse sobrecargar los circuitos derivados del mismo.
3. Las conexiones flojas o inadecuadas aumentan las pérdidas de energía. Efectuar un programa periódico de ajuste de conexiones y limpieza de contactos, borneras, barrajes, etc.

### **3.7 Valoración económica**

Las labores de reestructuración de las cargas en los paneles correspondientes al circuito eléctrico perteneciente al 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. Quienes, se supone 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 traerían 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.
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.

### **3.8 Conclusiones**

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

## **Conclusiones Generales**

1. Se realizó un levantamiento de las cargas.
2. Del análisis del sistema se determinó que el panel general del área docente y residencia y los paneles principales de cada edificio están técnicamente en estado crítico y requieren de mantenimiento y muchos de sustitución.
3. Se determinó que existe un marcado desbalance en las fases de los circuitos de ambos bancos de transformadores y los principales motivos que lo provocan.
4. Se propuso un conjunto de medidas en aras a solucionar el desbalance existente.
5. Se elaboró un conjunto de medidas para garantizar una explotación más racional del sistema con el ahorro energético y reducir al máximo el sobreconsumo.

## **Recomendaciones**

1. Poner en práctica los resultados de este trabajo en el ISMMM.
2. Mantener todos los años un estudio sobre el consumo de energía eléctrica en el área docente del ISMMM, así como el sistema de distribución de la misma.
3. Seguir atentamente el comportamiento de las cargas por fases.
4. Implementar el plan de medidas propuestas para reducir los índices de desbalance.

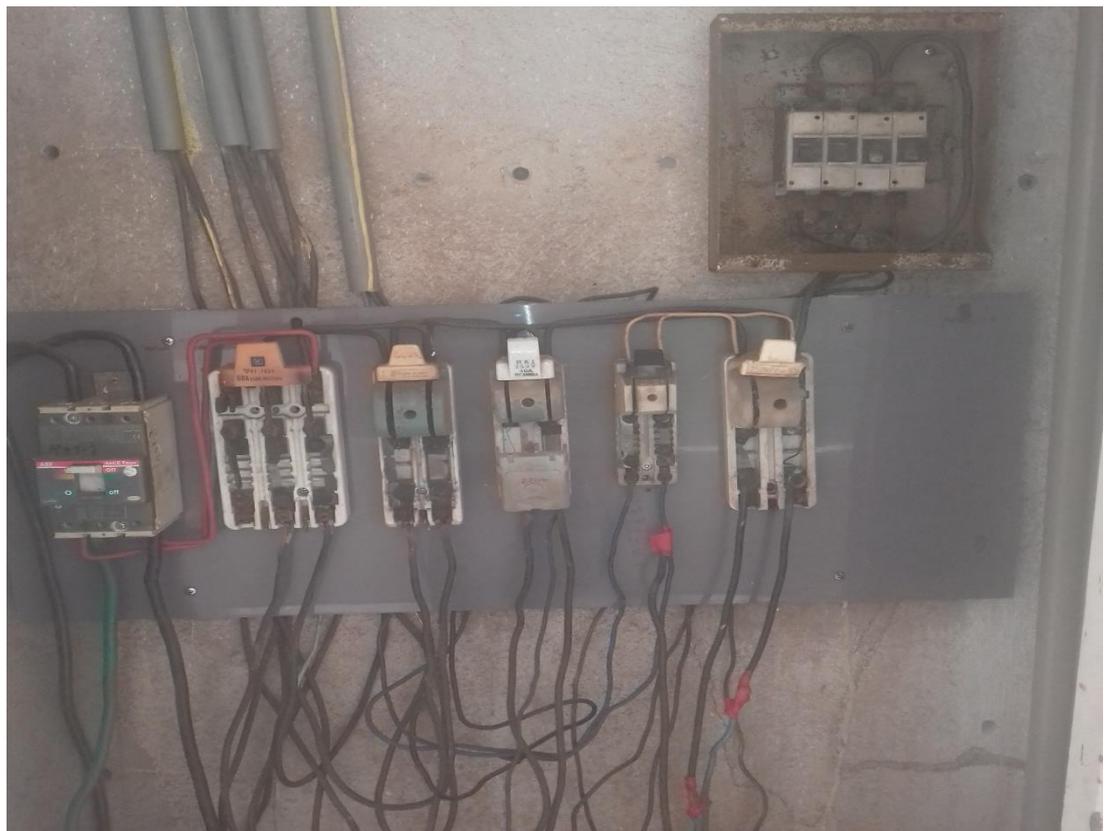
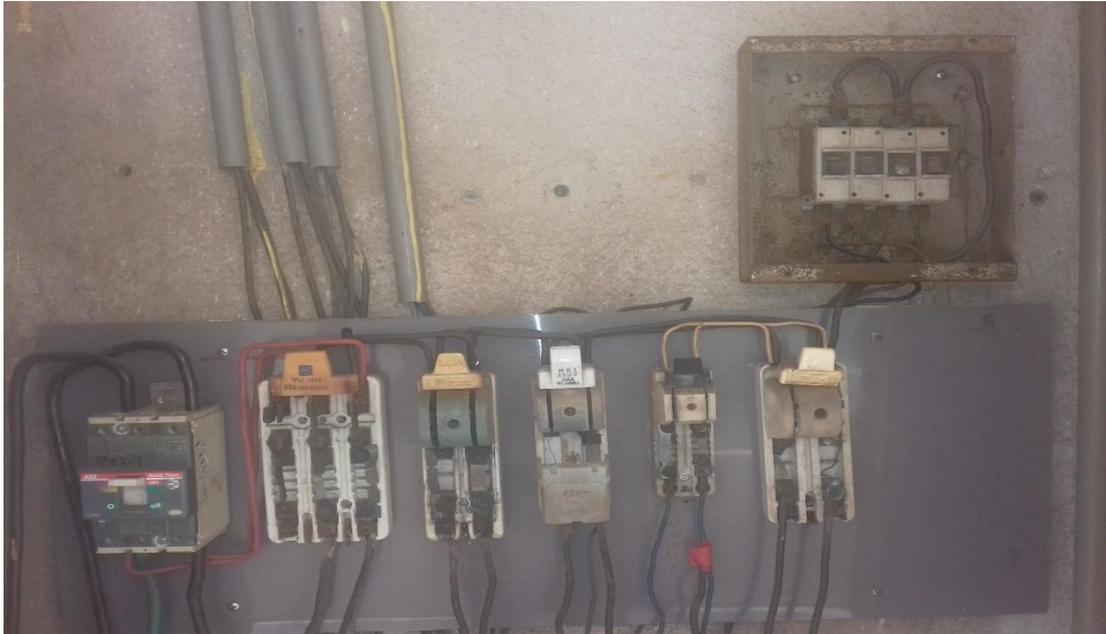
## **Bibliografía**

- [1] Barrera García, Aníbal. Diseño de sistemas de iluminación, con eficiencia energética. Universidad de Cienfuegos Cuba. 2008.
- [2] Cortina Safonts, Mitúo. Evaluación del consumo de energía en el banco de transformadores Laboratorio del ISMMMMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2013.
- [3] Feodorov, A; Rodríguez López, E. Suministro eléctricos de empresas industriales. La Habana: I Pueblo y Educación, 1980.
- [4] Guilarte Hernández, Hendris. Diagnóstico Energético en la empresa de proyecto del Níquel. M.Sc. Reineris Montero Dr. Luís Delfín Rojas (tutores). Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2009.
- [5] Guardiola Bourricaudy, Adonis René. Diagnóstico Energético en el área Docente del ISMMMMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2010.
- [6] Labañino Jiménez, Arieldis Lázaro. Norma de Gestión Energética para el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa a partir de la Norma Internacional ISO 50001. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2014.
- [7] Pacheco Martes, Danny. Estructura y comportamiento actual del sistema de distribución eléctrico en el área docente del ISMMMMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2008.
- [8] Pérez Labañino, Idelín. Uso de transformadores monofásicos para el servicio combinado en el bloque docente del ISMMMMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2003.
- [9] Pérez Mustelier, A; Torres Noa, Y. Evaluación del Sistema de Gestión Energética de ISMMMMM y determinación de los indicadores de consumo del portador electricidad y agua. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2006.
- [10] Piñón Alfaro, Carlos. Diagnóstico Energético en el Hotel Villa Covarrubias. Dr.C. Reynaldo Laborde (tutor). Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2009.
- [11] Prieto Millán, Dixan. Estructura y comportamiento actual del sistema de distribución eléctrico en el área de la residencia del ISMMMMM. Tesis de Grado. Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. ANJ, 2008.
- [12] Soler Angulo, Lázaro. Diagnóstico Energético en el ISMMMMM, XVIII Forum Científico Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias Técnicas, 2009.

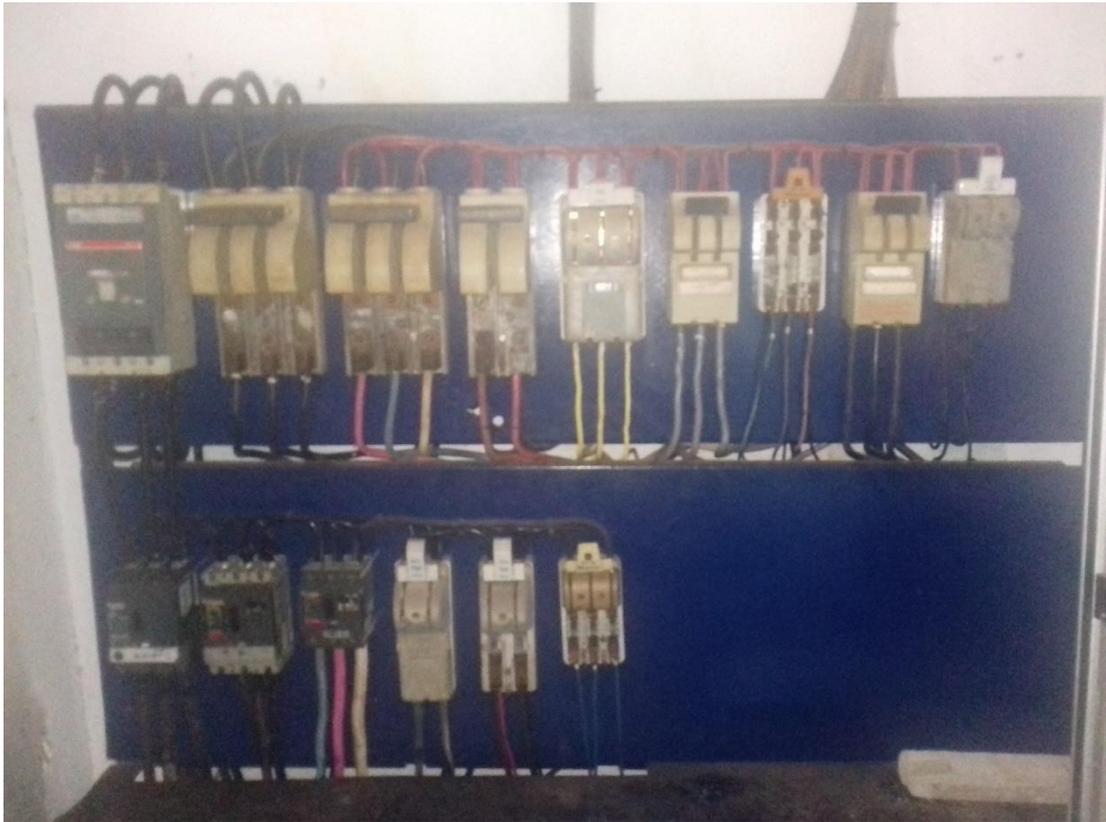
- [13] “IEC 60050(161),” International Electrotechnical Commission, Tech. Rep., 1990, international Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility.
- [14] “IEEE std 1159,” IEEE, Tech. Rep., 1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.
- [15] “IEC 61000-4-30,” International Electrotechnical Commission, Tech. Rep., 2003, electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods.
- [16] “EN 50160,” CENELEC, Tech. Rep. “IEC 61000-2-2,” International Electrotechnical Commission, Tech. Rep., 1990, electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 2-2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems

## Anexos

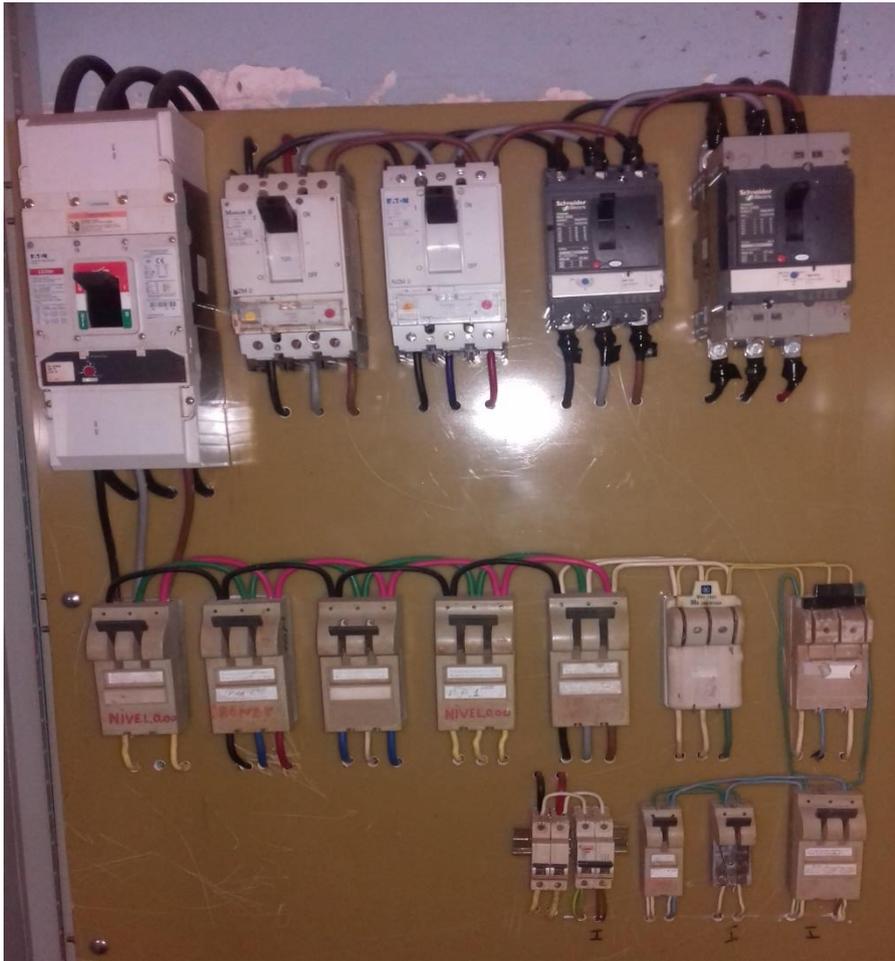
### ANEXO I Registro eléctrico del edificio 1 del Docente



## **ANEXO II Registro eléctrico del edificio 2 del Docente**



### **ANEXO III Registro eléctrico del edificio 3 del Docente**



**ANEXO IV Registro eléctrico del edificio 4 del Docente**



## **ANEXO V Panel general del Banco Docente**

