



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

Proyecto de Investigación y Desarrollo en opción al Grado Académico de
Magister en Gestión de Energías

TEMA:

“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DEL SERVICIO DE CONTRATACIÓN DE OBRAS (SECOB), EN LA CIUDAD DE QUITO DURANTE EL AÑO 2015 Y SU INCIDENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. DISEÑO DE UN PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO.”

Autor:

COLOMA Andrade, David Orlando

Tutor:

Msc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

LATACUNGA – ECUADOR

Octubre - 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Ingeniero David Orlando Coloma Andrade, con el título del trabajo de investigación y desarrollo titulado: **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DEL SERVICIO DE CONTRATACIÓN DE OBRAS (SECOB), EN LA CIUDAD DE QUITO DURANTE EL AÑO 2015 Y SU INCIDENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. DISEÑO DE UN PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga octubre, 2017

Para constancia firman:

MSc. EDWIN HOMERO MOREANO MARTÍNEZ

cc 0502607500

PRESIDENTE

PhD. JUAN JOSÉ LA CALLE DOMINGUEZ

cc 1756604227

MIEMBRO

MSc. FRANKLIN HERNÁN VÁSQUEZ TENEDA

cc 1710434497

MIEMBRO

PhD. ILIANA ANTONIA GONZÁLEZ PALAU

cc 1757070659

OPONENTE



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de Energías, cohorte 2014, nombrado por el Honorable Consejo de Posgrados de la UTC.

CERTIFICO

Que he analizado el Proyecto de investigación y desarrollo titulado **“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DEL SERVICIO DE CONTRATACIÓN DE OBRAS (SECOB), EN LA CIUDAD DE QUITO DURANTE EL AÑO 2015 Y SU INCIDENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. DISEÑO DE UN PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO”**, presentado por David Orlando Coloma Andrade, con cédula de ciudadanía 1711724466 como requisito previo a la obtención del grado de Magister en Gestión de Energías.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Latacunga septiembre 29, 2017

Ing. MSc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

CC. 0502656424

TUTOR

AUTORÍA

Yo, Coloma Andrade David Orlando, portador del número de cédula 1711724466, declaro que el presente Proyecto de Investigación de Grado, es fruto de mi esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente

David Orlando Coloma Andrade

C.I. 1711724466

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios que con amor ha guiado mi camino y a todas las personas que de una u otra forma ayudaron a la culminación exitosa del presente trabajo de investigación.

A los docentes y demás funcionarios de Posgrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi, quién con su profesionalismo y don de gente me encaminaron para cumplir los objetivos propuestos en esta maestría.

A mi tutor, Msc. Ing. Xavier Proaño, por sus sabios consejos y su gran apoyo incondicional.

David

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mi familia, a mis padres LUCIA y CRISTÓBAL que siempre están conmigo en cada paso que doy quienes con sus bendiciones y consejos guían mi camino, a mi esposa IVONNE, eres mi fuerza, mi apoyo, mi fortaleza porque siempre estás ahí incondicional, firme, fuerte, eres el amor de mi vida, a mis hijos JEFFERSON, NAHOMI y DAVID por ser mi combustible, el impulso que necesito para seguir adelante, la razón para seguir luchando, para seguir soñando, les amo con todo mi corazón.

David

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TÍTULO: “Diagnóstico energético del sistema eléctrico del edificio del Servicio de contratación de obras (SECOB), en la ciudad de Quito durante el año 2015 y su incidencia en el consumo de energía eléctrica. Diseño de un plan de ahorro energético“

Autor: COLOMA Andrade, David Orlando

Tutor: Msc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el edificio del Servicio de contratación de obras (SECOB), realizando la auditoría energética del sistema eléctrico, llevando a cabo en primer lugar la revisión de la información sobre el consumo de energía reflejado en las planillas proporcionadas por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ S.A.), a continuación se realizó el inventario de los elementos del sistema eléctrico, siendo estos: sistema de iluminación, equipos ofimáticos, elevadores y bombas.

Posteriormente se procedió a realizar mediciones de los diferentes parámetros eléctricos como potencia, corriente, voltaje, factor de potencia, una vez obtenida esta información se procedió a hacer una simulación del sistema eléctrico en el software ETAP y se aplicó una encuesta a los funcionarios del SECOB sobre su conocimiento de normas para ahorrar energía, a continuación se realizó el análisis de toda la información a fin de determinar cuales son las acciones que se pueden realizar para ahorrar energía.

Para finalizar se planteó un plan de ahorro energético, el mismo que contiene ciertas medidas que se deben realizar con el propósito de incrementar la eficiencia del sistema eléctrico del SECOB y como consecuencia de esto reducir el consumo de energía eléctrica.

Descriptor: Eficiencia energética, auditoría energética.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

POSGRADUATE DIRECTION
ENERGY MANAGEMENT MASTER'S DEGREE

Topic: "Energy diagnosis of the electrical system of the building contracting service (SECOB), in the city of Quito in 2015 and its impact on the consumption of electricity. Design of an energy saving plan”.

Autor: COLOMA Andrade, David Orlando

Tutor: Msc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

ABSTRACT

This research work was carried out in the building of the contracting service (SECOB), carrying out the energy audit of the electrical system, first, carrying out a review of the information on energy consumption reflected in the sheets provided by Empresa Eléctrica Quito (EEQ SA), followed by an inventory of the elements in the electrical system, such as: lighting system, office equipment, elevators and pumps was carried out.

In fact, measurements were made of the different electrical parameters for instance power, current, voltage, power factor, once this information was obtained, a simulation of the electrical system was completed in ETAP software and a survey was applied to SECOB officials about their knowledge of energy saving rules, then the analysis of all the information was carried out in order to determine the actions that can be taken to save energy.

Finally, an energy saving plan was proposed, which contains certain measures that must be achieved to increase the efficiency of the SECOB's electrical system and consequently, reduce the consumption of electric energy.

Descriptors: Energy efficiency, energy auditing.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO	I
CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
Situación problemática	7
Justificación de la investigación	8
Objeto de estudio de la investigación	9
Problema de la investigación	9
Campo de acción de la investigación.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos	9
Hipótesis	9
Sistema de tareas	10
Visión epistemológica de la investigación.....	10
Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación	10
Nivel de investigación	10
Alcance de la investigación.....	11
Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación	11
CAPÍTULO I.....	12
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO	12
1.1 Caracterización detallada del objeto de la investigación	12
1.2 Fundamentación Teórica.....	13
Sistema de gestión de energía ISO 50001	13
Eficiencia energética eléctrica.....	14
Beneficios de la eficiencia energética	14
Auditoría energética	15
Como realizar una auditoría energética.....	15
Visita al inmueble: Estado actual, pruebas y comprobaciones.	16
Estudio y análisis del comportamiento energético	17

Calidad de energía.....	19
Sistemas eléctricos balanceados.....	19
Cálculo de la corriente de neutro.....	20
Efecto Joule.....	21
Cálculo de pérdidas por el efecto Joule.....	21
La luz.....	22
La visión.....	22
El flujo luminoso y la Intensidad luminosa.....	22
Iluminancia.....	22
Software ETAP (Electrical Power System Analisis)	23
Software DIALUX	24
1.3 Fundamentación Legal	25
1.4 Definición de términos básicos	28
Radiación.....	28
Perturbación	28
Carga	28
Caída de tensión	28
Carga instalada (CI)	29
Capacidad instalada (PI).....	29
Carga máxima (DM)	29
1.5 Antecedentes de la investigación	29
CAPÍTULO II.....	31
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
2.1 Diseño de la Investigación	31
2.2 Tipo de investigación	31
2.3 Población y muestra	32
2.4 Operacionalización de las Variables	32
2.5 Instrumentos de investigación.....	34
Multímetro digital	34
Pinza amperimétrica.....	35
Luxómetro	35
Analizador de redes FLUKE 435 serie II.....	36
2.6 Modo de empleo del equipo	37

Software ETAP (Electrical Power System Analysis)	38
Software DIALUX	39
Encuesta	39
2.7 Método para realizar la auditoría energética del sistema eléctrico del SECOB	40
Adquisición de datos	40
Análisis de resultados	40
Propuesta de mejora	40
Mediciones realizadas	41
CAPÍTULO III	42
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	42
3.1 Sistema eléctrico del SECOB.....	42
3.2 Fase I recopilación inicial de información	43
Inventario de los sistemas	45
Carga instalada (CI)	45
Capacidad instalada (PI).....	46
3.3 Mediciones con el analizador de redes.....	47
Mediciones en el transformador	47
Carga máxima (DM)	47
Cálculo desbalance de las cargas en el transformador	47
3.4 Simulación del sistema eléctrico del edificio del SECOB con el software ETAP	52
Flujos de carga	53
Carga del transformador	54
Utilización de la capacidad eléctrica de los cables	55
Informe de pérdidas eléctricas en los cables	56
3.5 Sistema de iluminación	56
3.6 Análisis de los resultados de la encuesta sobre las costumbres del uso de	58
energía por parte de los funcionarios del SECOB.....	58
CAPÍTULO IV	62
PROPUESTA	62
4.1 Título	62
4.2 Justificación.....	62
4.3 Objetivo General	62
4.4 Estructura de la propuesta	62

4.5 Desarrollo de la propuesta.....	62
Reingeniería del sistema eléctrico del SECOB	62
El estado físico del sistema eléctrico.....	63
Balance de las cargas.....	64
Pérdidas eléctricas en los cables.....	64
Ahorro energético.....	65
Presupuesto para la reingeniería del sistema eléctrico del SECOB	66
Cambio de luminarias.....	67
Simulación para la dependencia 1	68
Simulación para la dependencia 2	69
Simulación para la dependencia 3	71
Cantidad de luminarias necesarias	72
Presupuesto para el cambio de luminarias	72
Ahorro de energía con el cambio de luminarias.....	74
Campaña de concientización sobre el consumo de energía a los funcionarios del SECOB.....	74
Análisis económico de la propuesta	75
4.6 Evaluación socio-económico-ambiental de la propuesta	76
CONCLUSIONES GENERALES	77
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación geográfica del SECOB.....	12
Figura 1.2 Auditoría energética.....	15
Figura 1.3 Sistemas trifásicos.....	20
Figura 1.4 Software ETAP.....	23
Figura 1.5 Interfaz software DIALUX.....	24
Figura 2.1 Multímetro digital.....	35
Figura 2.2 Pinza amperimétrica.....	35
Figura 2.3 Luxómetro.....	36
Figura 2.4 Analizador de redes.....	36
Figura 2.5 Conexión del analizador de redes.....	37
Figura 2.6 Diagrama de vectores.....	38
Figura 2.7 Software ETAP.....	38
Figura 2.8 Software DIALUX.....	39
Figura 3.1 Diagrama unifilar sistema eléctrico del SECOB.....	42
Figura 3.2 Tablero de medidores.....	43
Figura 3.3 Consumo mensual de los medidores.....	44
Figura 3.4 Carga máxima (DM).....	47
Figura 3.5 Curva de carga diaria.....	48
Figura 3.6 Diagrama unifilar simulación ETAP.....	52
Figura 3.7 Lugar toma de mediciones transformador.....	53
Figura 3.8 Lugar toma de mediciones medidores.....	54
Figura 3.9 Distribución de luminarias.....	57
Figura 3.10 Respuesta pregunta 1.....	58
Figura 3.11 Respuesta pregunta 2.....	59
Figura 3.12 Respuesta figura 3.....	59
Figura 3.13 Respuesta figura 4.....	60
Figura 3.14 Respuesta pregunta 5.....	60
Figura 3.15 Respuesta pregunta 6.....	61
Figura 4.1 Estado sistema eléctrico del SECOB.....	63
Figura 4.2 Conexiones externas sin planificación.....	63
Figura 4.3 APU para puntos de tomacorriente.....	66
Figura 4.4 Simulación 1 en el programa DIALUX.....	68
Figura 4.5 Isolneas de simulación 1.....	68
Figura 4.6 Cantidad de luminarias simulación 1.....	69
Figura 4.7 Simulación 2 en el programa DIALUX.....	69
Figura 4.8 Isolneas de simulación 2.....	70
Figura 4.9 Cantidad de luminarias simulación 2.....	70
Figura 4.10 Simulación 3 en el programa DIALUX.....	71
Figura 4.11 Isolneas de simulación 3.....	71
Figura 4.12 Cantidad de luminarias simulación 3.....	72
Figura 4.13 APU para el cambio de luminarias.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Niveles de iluminación	22
Tabla 2.1 Operacionalización variable dependiente.....	33
Tabla 2.2 Operacionalización variable independiente.....	33
Tabla 2.3 Instrumentos empleados en la investigación	34
Tabla 2.4 Preguntas de la encuesta	40
Tabla 3.1 Consumo de energía según planillas	44
Tabla 3.2 Inventario de sistemas	45
Tabla 3.3 Carga instalada	46
Tabla 3.4 Cargas aplicadas al transformador.....	47
Tabla 3.5 Voltajes medidos	49
Tabla 3.6 Corrientes medidas	49
Tabla 3.7 Factor de potencia medido	50
Tabla 3.8 Potencia promedio medida en los medidores	50
Tabla 3.9 Cálculo desbalance de cargas por medidor	51
Tabla 3.10 Resumen general del sistema y factor de potencia.....	53
Tabla 3.11 Carga aplicada al transformador.....	54
Tabla 3.12 Flujo en los medidores	55
Tabla 3.13 Capacidad eléctrica de los cables	55
Tabla 3.14 Pérdidas en los cables del sistema	56
Tabla 3.15 Iluminación medida	58
Tabla 4.1 Pérdidas sistema balanceado	65
Tabla 4.2 Ahorro energético al balancear el sistema eléctrico	65
Tabla 4.3 Presupuesto para la reingeniería del sistema eléctrico	67
Tabla 4.4 Presupuesto para el cambio de luminarias.....	73
Tabla 4.5 Ahorro de energía por cambio de luminarias	74
Tabla 4.6 Medidas a aplicarse en la campaña de concientización.....	74
Tabla 4.7 Pérdidas sufridas en caso de ocurrir incidente	75
Tabla 4.8 Presupuesto general la propuesta.....	75

Situación problemática

La aplicación de medidas para fomentar la eficiencia energética en edificaciones, es de vital importancia a nivel mundial, ya que el uso racional y eficiente de la energía representa un ahorro importante en cuanto al pago por consumo de energía eléctrica, estos recursos económicos que pueden ser destinados para otros fines en beneficio de las organizaciones.

La Organización de las Naciones Unidas a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se encuentra impulsando el uso de energías renovables y la optimización del uso de la energía eléctrica en todos sus países miembros, proporcionando asesoría y medios económicos para el desarrollo de programas enfocados en este sentido.

En Latinoamérica, la Organización latinoamericana de energía (OLADE) es quien se encuentra monitorizando el desempeño de los países de esta región del planeta, realizando auditorias y estudios con el fin de emitir recomendaciones para la implementación de programas de eficiencia energética en toda Latinoamérica.

En el Ecuador, el estado a través del Ministerio de Energías Renovables (MEER) y el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) han realizado estudios y emitido disposiciones para definir procedimientos para que exista el uso adecuado de la energía eléctrica en edificaciones ya sean estas públicas o privadas.

El servicio de contratación de obras (SECOB), es una dependencia del estado, cuya matriz se encuentra en Quito en un edificio ubicado en el sector norte de la ciudad, esta edificación tiene un tiempo de haber sido construida de alrededor de 28 años, se ha determinado que en las dependencias del SECOB no se está realizando una buena gestión energética, encontrándose las siguientes causas para aquello: no disponer de un plan de ahorro energético, desconocimiento de normas de ahorro de energía por parte de los funcionarios, se dispone de equipo y material eléctrico y electrónico de tecnología antigua, uso de luminarias tipo fluorescente y el mal estado de las instalaciones eléctricas.

Por otra parte, se considera que las consecuencias a las causas descritas en el párrafo anterior son: corto circuitos, cortes de energía, desperdicio de energía eléctrica, daños en equipo eléctrico y electrónico, pérdidas económicas para la institución, de lo

detallado se ha concluye que la causa principal es la ineficiencia del sistema eléctrico del edificio del SECOB y el efecto principal es el consumo innecesario de energía eléctrica.

En caso de no resolverse el problema descrito, seguirá existiendo un consumo innecesario de energía eléctrica, desperdiciándose recursos económicos valiosos producto del pago del servicio de energía eléctrica y la reparación o reemplazo de los equipos averiados, por lo tanto se considera que una posible solución a este problema es el diseño de un plan de ahorro energético eficiente que sea debidamente socializado a todo el personal de autoridades y funcionarios del SECOB para su implementación exitosa.

El estado del sistema eléctrico del edificio incide en el alto consumo de energía eléctrica en las instalaciones del SECOB.

Justificación de la investigación

Realizar el diagnóstico energético del sistema eléctrico del edificio del SECOB, nos ayuda a establecer un plan de acción cuyo propósito principal, es incrementar la eficiencia del sistema eléctrico y por consiguiente reducir el consumo de energía eléctrica en las diferentes dependencias, este plan de acción podría ser aplicado en otras edificaciones destinadas a oficinas, su utilización puede producir varios beneficios, entre los que se encuentran los beneficios tecnológicos ya que se está impulsando el uso de nuevas tecnologías que contribuirán al desarrollo de la industria nacional y a su vez la capacitación científica de los técnicos necesarios para su implementación.

Otro beneficio está en el aspecto económico ya que al reducir el consumo energético se reducirá el pago ocasionado por el consumo de energía, pudiendo emplearse este capital en otros fines institucionales.

Se considera, que es factible el diseño de un plan de ahorro energético para el SECOB en la ciudad de Quito, ya que se dispone de la tecnología y los conocimientos técnicos necesarios para realizar la auditoria energética necesaria a fin de determinar los aspectos que deben atacarse para reducir el consumo de energía eléctrica.

Se puede concluir que existe un problema en el edificio del SECOB, relacionado con el alto consumo de energía eléctrica, el mismo debe ser analizado para establecer una propuesta de solución al mismo.

Objeto de estudio de la investigación

El sistema eléctrico del edificio del Servicio de contratación de obras (SECOB).

Problema de la investigación

Alto consumo de energía eléctrica en el edificio del SECOB en la ciudad de Quito.

Campo de acción de la investigación

Eficiencia energética en el sistema eléctrico del edificio del SECOB.

Objetivo general

Realizar el diagnóstico energético del sistema eléctrico del SECOB mediante una auditoría energética, a fin de proponer un plan de ahorro energético que contribuya a disminuir el consumo de energía.

Objetivos específicos

- Realizar la auditoría energética del sistema eléctrico del edificio del SECOB, con el propósito de determinar el estado actual del mismo.
- Identificar los factores que influyen en el alto consumo de energía eléctrica, a fin de encontrar acciones para contrarrestar los mismos.
- Diseñar la estructura y contenido del plan de ahorro energético que permitirá un consumo eficiente de energía eléctrica en el edificio del SECOB en la ciudad de Quito.

Hipótesis

El sistema eléctrico del edificio del SECOB es ineficiente energéticamente, lo cual influye en el consumo de energía eléctrica en las diferentes dependencias del edificio.

Sistema de tareas

Objetivo	Actividad	Resultado	Técnicas e instrumentos
Realizar la auditoría energética del sistema eléctrico del edificio del SECOB, con el propósito de determinar el estado actual del mismo.	-Recopilar información -Inventario de los sistemas	Determinar estado físico real del sistema eléctrico del SECOB	-Investigación de campo -Observación directa
Identificar los factores que influyen en alto consumo de energía eléctrica, a fin de encontrar acciones para contrarrestar los mismos	-Análisis de carga -Toma de mediciones -Simulación software ETAP	Identificar problemas existentes en el sistema	-Análisis de resultados – -Simulación software ETAP
Diseñar la estructura y contenido del plan de ahorro energético que permitirá un consumo eficiente de energía eléctrica en el edificio del SECOB en la ciudad de Quito	-Establecer estructura -Simulación software DIALUX -Determinar mejoras	Plan de acción adecuado	-Investigación bibliográfica -Simulación -Cálculos matemáticos

Elaborado por: Investigador

Visión epistemológica de la investigación

Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación

El presente proyecto de investigación orientado a la gestión de energías mediante la aplicación de la eficiencia energética tiene un enfoque cualitativo, ya que busca mejorar la calidad de la energía en el sistema eléctrico del edificio del SECOB, por otra parte tiene un enfoque cuantitativo ya que su objetivo es el reducir el consumo de energía eléctrica con su consecuente ahorro económico para la institución.

Nivel de investigación

Considerando los párrafos anteriores, se puede determinar que esta investigación alcanza hasta el nivel comprensivo propositivo en vista de que la propuesta de esta investigación es la implementación de un Plan de ahorro energético para el sistema eléctrico del edificio del SECOB, con el fin de incrementar su eficiencia, dicha propuesta será puesta en consideración de las autoridades del SECOB para su respectivo análisis, aprobación y de ser el caso implementación. La presente investigación también es de carácter explicativa, porque trata de buscar el porque de los hechos, mediante el análisis de las causas y efectos.

Alcance de la investigación

Esta investigación tiene como propósito realizar el diagnóstico energético del sistema eléctrico del edificio del Servicio de contratación de obras (SECOB), para determinar su incidencia en el consumo de energía eléctrica existente en las diferentes dependencias y finalmente proponer un plan de ahorro energético que optimice la eficiencia del sistema eléctrico.

Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación

El presente proyecto de investigación cuya finalidad es realizar el diagnóstico energético del sistema eléctrico del edificio del Servicio de contratación de obras (SECOB), en la ciudad de Quito durante el año 2015, a fin de determinar su incidencia en el consumo de energía eléctrica y finalmente proponer un plan de ahorro energético que disminuya el consumo de energía eléctrica, tiene una estructura de cuatro capítulos, los mismos se detallan a continuación:

CAPÍTULO 1 - MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO, se determina la caracterización detallada del objeto de la investigación, fundamentación teórica, fundamentación legal, definición de términos básicos, bases teóricas particulares de la investigación.

CAPÍTULO 2 - METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, se establece el tipo, nivel y el diseño de la investigación que se va a realizar, detallando las tareas y actividades que se van a cumplir para el cumplimiento de los objetivos, de igual forma se indica cuáles son los instrumentos que serán utilizados en la investigación.

CAPÍTULO 3 - ANÁLISIS DE RESULTADOS , comprende el análisis de los resultados obtenidos durante la ejecución de la auditoría energética, la evaluación de los diferentes sistemas, la simulación del sistema eléctrico y de la encuesta realizada a los funcionarios del SECOB, determinando cuales son los aspectos que se deben atacar para incrementar la eficiencia del sistema eléctrico del SECOB.

CAPÍTULO 4 - PROPUESTA, una vez analizados los temas anteriores, se desarrolla la propuesta que se necesita para reducir el consumo de energía en los diferentes componentes del sistema eléctrico, evaluando cual será el efecto de las mismas y cuál es el beneficio de su ejecución.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

En el presente capítulo, se determinará la caracterización detallada del objeto de la investigación, la fundamentación teórica, la fundamentación legal, la definición de términos básicos y los antecedentes de la investigación.

1.1 Caracterización detallada del objeto de la investigación

El Servicio de Contratación de Obras del Estado (SECOB) es una institución pública, cuya función es Contratar los estudios, construcción y fiscalización de obras de infraestructura que requieran las instituciones de la Administración Pública Central e Institucional y demás entidades del sector público previo requerimiento, ejerciendo la regulación, administración, promoción, ejecución y control en materia de contratación de obras de infraestructura.

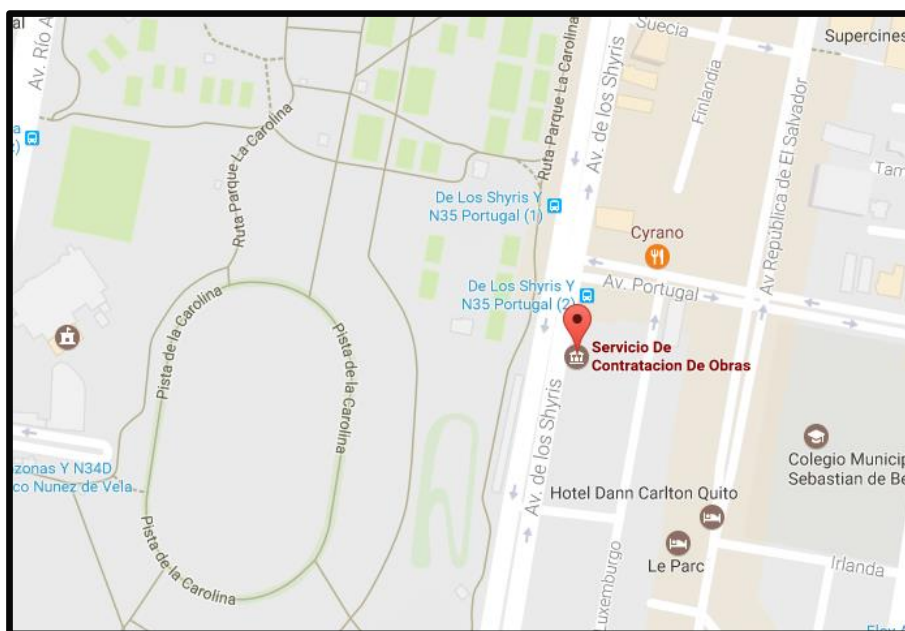


Figura 1.1 Ubicación geográfica del SECOB

Fuente: Google maps

El Servicio de Contratación de obras (SECOB), está ubicado al norte de la ciudad de Quito, en las instalaciones del edificio Tribuna, en el Barrio la Carolina de la Parroquia

Iñaquito, en las siguientes coordenadas: 0° 10' 55,3'' latitud sur y 78° 28' 54,4'' longitud oeste.

1.2 Fundamentación Teórica

Sistema de gestión de energía ISO 50001

“El propósito de esta norma es permitir a las organizaciones a establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético, incluyendo la eficiencia energética, uso y consumo. La aplicación de esta norma tiene la finalidad de conducir a reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, el costo de la energía, y otros impactos ambientales relacionados, a través de la gestión sistemática de la energía. Esta Norma Internacional es aplicable a todos los tipos y tamaños de organizaciones, independientemente de las condiciones geográficas, culturales o sociales. La implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización, y en especial de la alta dirección. “Esta Norma Internacional especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía (SGEn) de una organización para desarrollar e implementar una política energética, establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con significativo consumo de energía. Un SGEn permite a una organización alcanzar sus compromisos de política, tomar las medidas necesarias para mejorar su eficiencia energética y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional. La aplicación de esta Norma Internacional puede ser adaptada a las necesidades de una organización - incluyendo la complejidad del sistema, grado de documentación y recursos - y se aplica a las actividades bajo el control de la organización. "Esta Norma Internacional se basa en el marco de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar e incorpora la gestión de la energía en las prácticas cotidianas de la organización”.

- ✓ “Planificar : realizar la revisión y establecer la línea base de la energía, indicadores de rendimiento energético (EnPIs), objetivos, metas y planes de acción necesarios para conseguir resultados de acuerdo con las oportunidades para mejorar la eficiencia energética y la política de energía de la organización.
- ✓ Hacer : poner en práctica los planes de acción de la gestión de la energía.

✓ Verificar : monitorear y medir los procesos y las características claves de sus operaciones que determinan el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos e informar los resultados.

✓ Actuar : tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el SGEEn.” (ISO 50001, 2011).

Como se puede apreciar existen cuatro pasos en el modelo de gestión ISO 50001, de la cuales solamente se aplicará la etapa de planificar ya que el objetivo principal del presente estudio es proponer un plan de ahorro energético a las autoridades del SECOB, quienes serán los responsables de tomar la decisión sobre su implantación o no en las instalaciones del Servicio de Contratación de Obras.

Eficiencia energética eléctrica

“Se entiende por eficiencia energética eléctrica a la reducción de las potencias y energías desmandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación.” (Circutor S.A., 2007).

Beneficios de la eficiencia energética

Entre los beneficios más importantes de la eficiencia energética eléctrica tenemos los siguientes:

✓ Ayudar a la sostenibilidad del sistema y medio ambiente mediante la reducción de emisiones de CO₂ al reducir la demanda de energía.

✓ Mejorar la gestión técnica de las instalaciones aumentando su rendimiento y evitando cortes de energía y averías a equipos.

✓ Reduce los gastos por el pago de consumo de energía en los hogares, en oficinas, empresas, industrial.

Desde un punto de vista técnico, para la realización de una instalación eléctrica eficiente, se plantean tres puntos básicos:

✓ Gestión interna de la energía mediante sistemas de medida y supervisión.

✓ Gestión de demanda.

✓ Mejorar la productividad mediante el control y eliminación de perturbaciones.

La forma de determinar cuan eficiente energéticamente es un edificio, una fábrica o una casa es mediante la realización de una auditoría energética, en el caso que es objeto de investigación, se considerará la auditoría energética que se puede realizar a un edificio de oficinas. (Circutor S.A., 2007)

Auditoría energética

“La Auditoría Energética se puede definir como un estudio integral de todos los aspectos, tanto técnicos como económicos, que afectan directa o indirectamente al consumo de las diferentes energías en un Edificio, cuyo objetivo es establecer un conjunto racional de reformas o mejoras encaminadas a un uso racional de la energía. Dichas mejoras no deben suponer una disminución en la calidad de los servicios prestados, en la productividad o en la habitabilidad del Edificio, pudiendo incluso aparejar mejoras adicionales en estos aspectos.

Por su alcance, la auditoría puede ser parcial, estudiándose solamente ciertas instalaciones, o total, abarcando la totalidad del Edificio. Por el momento o fase en que se desarrolla, la auditoría puede ser de proyecto, estudiándose por lo tanto el diseño, de obra, aplicándose a la forma de ejecución del proyecto o de edificio en servicio, que es la modalidad que aquí se estudia. (León, 2009).

Como realizar una auditoría energética

Normalmente la auditoria requiere de varias fases en su desarrollo que se centran en obtener información real sobre el edificio y su consumo energético para de ese modo poder compararla con la información teórica obtenida mediante una simulación y poder detectar en qué zonas no se gestiona adecuadamente la energía, de manera que en este artículo explicaremos de forma clara y sencilla cuáles son sus fases, que se detallan a continuación (CONSTRUCCION 21, 2012).



Figura 1.2 Auditoría energética

Fuente: Certificados energéticos.com

Recopilatorio de información sobre el edificio y planificación de la auditoria:

Dentro de este apartado se obtendrá la mayor información sobre el mismo, su envolvente e instalaciones así como del comportamiento de los usuarios resumiéndose en:

Información previa:

Documentación gráfica y escrita sobre los sistemas constructivos así como de las instalaciones del edificio (memorias, planos, mediciones y presupuestos de los proyectos de obra y de instalaciones).

- Facturas de los consumos energéticos.
- Horarios de uso y ocupación.
- Datos climatológicos de la zona donde se ubica.
- Relación de máquinas y equipos que consumen energía.
- Año de construcción y relación de posibles intervenciones o reformas realizadas que afecten a la envolvente o a las instalaciones.
- Otros aspectos que el técnico considere de interés.

Actividades a realizar:

Planificación de las fases de trabajo de nuestra auditoría.

Simulación para estimar el comportamiento energético del edificio y calcular un balance inicial teórico de cargas y demandas.

Visita al inmueble: Estado actual, pruebas y comprobaciones.

Verificación del estado actual

En una adecuada auditoria energética se deberá de verificar el estado en que se encuentra el edificio e instalaciones en relación a la documentación técnica previamente analizada, para lo cual será conveniente poder reflejarla en unas fichas de comprobación previamente elaboradas donde se refleje toda esa información.

Observación de los hábitos de los usuarios:

Se deberá comprobar cuáles son los hábitos de los empleados y usuarios en relación a las instalaciones energéticas, y se deberá de reflejar como en el caso anterior en una

ficha, además es recomendable pasar un cuestionario sobre hábitos y mantenimiento que clarifique de manera objetiva como se gestionan los equipos e instalaciones.

Toma de mediciones y registros

Planificación de las mediciones a realizar, de manera que se organicen cuáles son los parámetros a evaluar, con qué equipos de medición se realizarán, y donde se localiza dicha actuación dentro del edificio.

En las instalaciones o suministro eléctrico del edificio

Se medirán los parámetros como la tensión, la potencia, la energía activa y reactiva, los factores de potencia, etc.. para lo que se emplearan analizadores de redes eléctrica.

En los equipos de iluminación del edificio

Se medirán los niveles de iluminación de las estancias ocupables del edificio y sus zonas, para lo cual se requiere el empleo de LUXÓMETROS, estos equipos se componen de una célula fotosensible y de un analizador.

Estudio y análisis del comportamiento energético

Se deberá de analizar la información aportada en los dos puntos anteriores, que nos van a permitir obtener las conclusiones más relevantes en relación a:

Distribución de consumos eléctricos según periodos tarifarios, realizaremos un resumen que clarifique estos consumos por área o zona, durante los períodos valle, llano y punta. Obtención de las gráficas que muestren el consumo eléctrico y del resto de servicios energéticos, estimado de forma anual, diario y horario, así como intentar averiguar si algunos equipos están funcionando fuera de los horarios de trabajo.

Estudiar la facturación energética para poder valorar si la tarifa contratada es la más adecuada al edificio o inmueble considerado en función de cómo se gestiona el consumo energético en el mismo, buscando la que mejor se acople a sus necesidades.

La comparación de resultados obtenidos en la simulación realizada para cada uno de los servicios energéticos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación con los datos reales que nos han aportado la facturación y las mediciones in situ nos van a permitir identificar zonas o partes del edificio y de sus instalaciones donde existen problemas, bien sea por que la instalación o cualquiera de sus componentes tienen algún problema, avería o falta de mantenimiento, o bien por que la envolvente presenta

excesivas pérdidas, aspecto este que debe ser analizado también en función de los resultados obtenidos en las termografías realizadas.

Propuestas de mejora

Se deben proponer todas aquellas mejoras técnicas necesarias en el edificio, las instalaciones u otro factores que consideremos adecuadas para reducir el consumo de energía y combustible, y permitir que sus elementos de envolvente e instalaciones puedan funcionar adecuadamente con un rendimiento óptimo, por tanto también será conveniente agruparlas en varios bloques o grupos, sistemas constructivos de envolvente, instalación de climatización, de renovación de aire, recuperación de energía, etc... siempre buscando un consumo energético adecuado u optimizado al tipo de edificio estudiado. (CONSTRUCCION 21, 2012)

Material necesario para realizar la auditoría de edificios de oficinas

El auditor energético debe poseer un equipo mínimo, entre los cuales se consideran:

- ✓ Analizador de redes eléctricas, es un instrumento de medición que mide directamente o calcula los diferentes parámetros eléctricos de una red, como son: voltaje, intensidad, potencia, energía, factor de potencia. Todos estos equipos tienen la posibilidad de registrar y almacenar la información obtenida para luego ser descargada.
- ✓ Luxómetro, es un instrumento de medición que mide la iluminación o nivel de iluminación (lux) sobre una determinada superficie. Son equipos muy sencillos y ligeros, formados por el analizador y la sonda fotosensible.
- ✓ Otros instrumentos, se puede necesitar instrumentos adicionales como el multímetro o una pinza amperimétrica para realizar mediciones donde no sea necesario el uso del analizador de redes.
- ✓ Equipo de seguridad, se debe emplear el equipo de seguridad requerido ante la posibilidad de choques eléctricos, estos son: cosco, guantes, gafas.

El objetivo del uso de los equipos de medición es determinar la calidad de la energía existente en el sistema eléctrico objeto de estudio. (Circutor S.A., 2007).

Calidad de energía

La calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

Cuatro parámetros pueden servir como referencia para clasificar los disturbios de acuerdo a su impacto en la calidad de la energía:

- ✓ Variaciones de frecuencia que raramente ocurren en sistemas alimentados por las compañías suministradoras, siendo más común que se encuentren en sistemas aislados de motor-generador en los que las variaciones de carga provocan variaciones de frecuencia.
- ✓ Variaciones de amplitud pueden ocurrir en diferentes formas y rangos de duración que van desde transitorios de muy corta duración hasta condiciones de estado estable.
- ✓ Variaciones en la forma de onda de voltaje o corriente producidos por cargas no lineales, denominada distorsión armónica, siendo una condición de estado estable.
- ✓ Desbalanceo entre las fases de un sistema polifásico causado principalmente por la operación de cargas monofásicas desiguales que afectan principalmente a máquinas rotatorias y circuitos rectificadores trifásicos.

Sistemas eléctricos balanceados

Un sistema trifásico balanceado es aquel cuyas fuentes se encuentran desfasadas 120 grados entre sí, tienen la misma magnitud y operan a la misma frecuencia angular. Además, sus impedancias de carga y línea son las mismas para todas las fases. (PROFESIONAL, 2011)

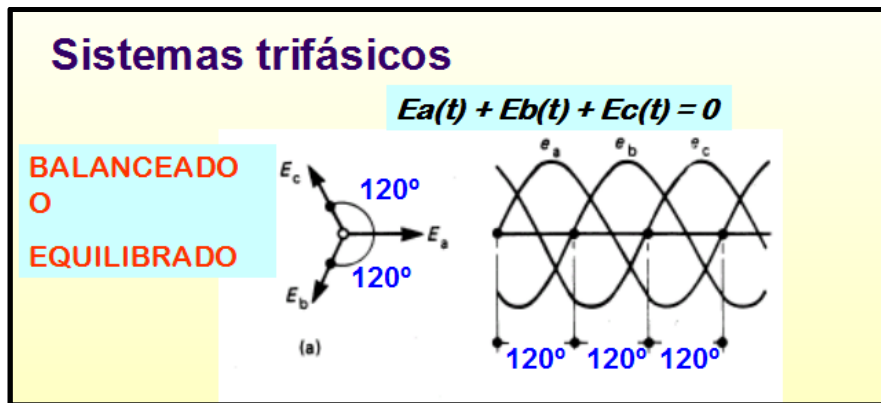


Figura 1.3 Sistemas trifásicos

Fuente: (PROFESIONAL, 2011)

Es un sistema trifásico de tensiones equilibrado, pero que trabaja alimentando a una carga desequilibrada. Se entiende que una carga es desequilibrada cuando las impedancias de cada fase no son iguales, situación que encontramos en la distribución de energía eléctrica a los edificios. En este caso, las intensidades absorbidas por la carga serán desequilibradas.

Para conseguir un suministro de tensión constante a las instalaciones monofásicas (viviendas, locales comerciales, etc) a partir de una red trifásica, es imprescindible un cuarto conductor activo llamado conductor neutro, cuya interrupción puede causar sobretensiones que pueden derivar en grave riesgo para las personas y las instalaciones. (PROFESIONAL, 2011)

La fórmula para realizar el cálculo del balance de las cargas es la siguiente (Apuntes científicos, 2011):

Ecuación 1.1

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} * 100\%$$

Cálculo de la corriente de neutro

En un sistema eléctrico trifásico, la corriente de neutro es el vector suma de las tres corrientes de líneas. Si el sistema de alimentación es balanceado, con una simetría de sus ondas y con carga lineal trifásica perfectamente balanceada, la corriente de neutro es

igual a cero. En la práctica se espera que en un sistema trifásico medianamente balanceado, la corriente que circula por el neutro sea apenas 20% de la corriente de fase. Muy distinto es el escenario si las cargas no son lineales. La aparición de los componentes armónicos impares, en particular los múltiplos de tres, inciden en el aumento de la corriente en el neutro aunque el sistema se encuentre balanceado. En un sistema trifásico de cuatro hilos con cargas no lineales balanceadas, la corriente en el neutro dependerá básicamente del contenido armónico de las corrientes de fases. (Di Mauro, 2013).

Efecto Joule

Una de las principales aplicaciones de la energía eléctrica proviene de su posibilidad transformación en calor. Esta conversión, conocida por efecto Joule, se explica como el resultado de los choques que experimentan las cargas eléctricas del cuerpo por que circula la corriente, que elevan así su temperatura. (HIRU, 2008).

El efecto Joule también tiene efectos indeseables en los circuitos, ya que provoca el calentamiento de los motores eléctricos, de las bombillas de iluminación y de los cables, con el consiguiente riesgo de incendio y las pérdidas de energía. (HIRU, 2008)

Cálculo de pérdidas por el efecto Joule

Sabemos que las pérdidas térmicas por efecto Joule (E_p) responden a la expresión:

Ecuación 1.2

$$E_p = nRI^2t$$

Donde:

n= Es el número de conductores cargados en la línea (2 para monofásica o continua y 3 para trifásica)

R= Es la resistencia en ohmios (5,3 Ω /km para un conductor de cobre de 12 AWG a 90 °C)

I= Es la corriente en amperios

T= Es el tiempo en horas (supongamos un mes = 30 x 24 = 720 h) para obtener la energía perdida (E_p) en Wh.

La luz

Es una forma particular y concreta de energía que se desplaza o propaga, no a través de un conductor (como la energía eléctrica o mecánica) sino por medio de radiaciones, es decir, de perturbaciones periódicas del estado electromagnético del espacio; es lo que se conoce como "energía radiante". (FREMAP, 2015)

La visión

Es el proceso por medio del cual se transforma la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones. El órgano encargado de realizar esta función es el ojo. (FREMAP, 2015)

El flujo luminoso y la Intensidad luminosa

Son magnitudes características de las fuentes; el primero indica la potencia luminosa propia de una fuente, y la segunda indica la forma en que se distribuye en el espacio la luz emitida por las fuentes. (FREMAP, 2015)

Iluminancia

Es una magnitud característica del objeto iluminado, ya que indica la cantidad de luz que incide sobre una unidad de superficie del objeto, cuando es iluminado por una fuente de luz, su unidad de medida es el lux. (FREMAP, 2015).

Tabla 1.1 Niveles de iluminación

Iluminación mínima	Actividades
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

Elaborador por: Ministerio de trabajo del Ecuador (2001)

En la tabla 1.1 se indica los niveles de iluminación mínimos para los diferentes tipos de actividades. (Ministerio del Trabajo del Ecuador, 2001)

Software ETAP (Electrical Power System Analysis)

ETAP es el software que se utiliza para realizar la simulación del sistema eléctrico del edificio del SECOB, esta simulación se realiza empleando los datos obtenidos mediante las mediciones realizadas con el analizador de redes FLUKE 435.



Figura 1.4 Software ETAP

Fuente: (ETAPSP, 2015)

Es la herramienta más completa de análisis y control para el diseño, simulación y operación de sistemas de potencia eléctricos de generación, distribución e industriales. (ETAPSP, 2015)

Durante 30 años, ETAP ha sido la solución empresarial más completa y ampliamente utilizada para el diseño, simulación, operación, control, optimización y automatización de la generación, transmisión, distribución y sistemas industriales de potencia. Tanto es así que ETAP se ha convertido un verdadero estándar a nivel mundial.

ETAP ofrece una Suite de programas totalmente integrados incluyendo flujo de carga, cortocircuito, coordinación y selectividad de protecciones, dimensionado de cables, estabilidad transitoria, arc flash, flujo de potencia óptimo y más. Su diseño modular permite que sea configurado de acuerdo a las necesidades de cualquier empresa, desde sistemas de potencia pequeños, a los más grandes. (ETAPSP, 2015)

ETAP es una Suite de herramientas que ofrecen una solución empresarial integral. A través de una supervisión, simulación y optimización continua del sistema eléctrico, el ETAP optimiza el proceso de producción completo, reduciendo las pérdidas e incrementando los beneficios.

El software está certificado según las siguientes normas:

United States Code (U.S.C.) Title 10 CFR 50, Appendix B Quality assurance criteria for nuclear power plants and fuel reprocessing plants.

United States Code (U.S.C.) Title 10 CFR 21 Reporting of defects and non-compliance.

ANSI/ASME N45.2-1977 Quality assurance requirements for nuclear facilities.

ASME NQA-1 (Includes Subpart 2.7) Quality assurance requirements for nuclear facility applications.

ISO 9001:2000 Standards Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing. ISO 9001:2000 Registered Certification Number A3147 UL

ANSI/IEEE Std 730.1-1989 IEEE standard for software quality assurance plans.

CAN/CSA-Q 396.1.2 – 1989 Quality assurance program for previously developed software used in critical applications.

ANSI N45.2.2-1972 Packaging, shipping, receiving, storage and handling of items for nuclear power plants. (ETAPSP, 2015)

Software DIALUX

Es el software que se utiliza para realizar la simulación del sistema de luminarias que se implementará utilizando luces de tipo led.

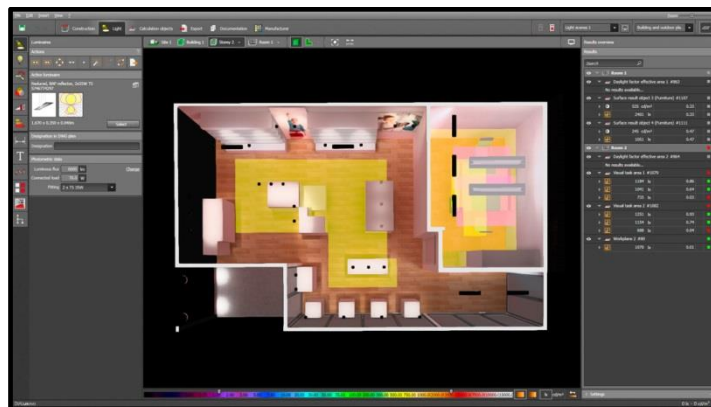


Figura 1.5 Interfaz software DIALUX

Fuente: (DIAL.DE, 2016)

Con este software se diseña, calcula y visualiza la luz de forma profesional, ya sean estos espacios simples, pisos enteros, edificios y escenas exteriores. (DIAL.DE, 2016).

DIALux es un software gratuito de DIAL que permite crear proyectos de iluminación profesionales. Este software está siendo utilizado por los de diseñadores de iluminación en todo el mundo, y facilita la tarea de diseñar sistemas de iluminación tanto para interiores como exteriores. Se puede crear de manera sencilla e intuitiva proyectos de iluminación.

El software DIALux posibilita un análisis cuantitativo sencillo de un proyecto, y además cuenta con una funcionalidad sencilla de renderización 3D, lo cual es muy útil para cálculos de iluminación interior, exterior y vial. (DIAL.DE, 2016).

1.3 Fundamentación Legal

La Constitución de la República del Ecuador posee artículos que buscan promover las acciones de eficiencia energética a través del uso de prácticas ambientales sanas que no produzcan un impacto negativo en el medio ambiente dentro del territorio ecuatoriano.

En el año 2009 se emitió el decreto presidencial N° 1681, en el cual se lee:

Que, el artículo 413 de la Constitución de la República establece que el Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua;

Que, el artículo 414 ibídem dispone que el Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo;

Que, le corresponde al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, la formulación y coordinación de la política energética del país, así como, la gestión y el control de proyectos del sector eléctrico y garantizar el abastecimiento energético mediante la promoción de la energía renovable y la eficiencia energética;

Que, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable se encuentra ejecutando proyectos de eficiencia energética a nivel nacional, tendientes a

mejorar el sistema eléctrico, fomentar una cultura de uso eficiente de la energía por parte de la población, incrementar la competitividad de las instituciones, preservar sus recursos naturales y coadyuvar a la protección ambiental del Ecuador;

Que, es necesario que el sector público sea el promotor de actividades y acciones de eficiencia energética, a fin de optimizar el gasto fiscal y reducir el impacto ambiental;

En ejercicio de las atribuciones conferidas por la Constitución de la República y en concordancia con el Estatuto de Régimen Jurídico y Administrativo de la Función Ejecutiva,

Art. 1.- Las entidades y organismos que conforman la Administración Pública Central e institucional de la Función Ejecutiva realizarán el recambio a tecnologías eficientes en iluminación.

Para el efecto, estructurarán e implementarán programas de difusión, dirigidos a todo su personal, para enseñar la buena práctica diaria del uso racional de la energía.

Art. 2.- En todas las entidades y organismos que conforman la Administración Pública Central e Institucional de la Función Ejecutiva se conformará un Comité de Eficiencia Energética, que será presidido por el funcionario administrativo de más alto rango, con la finalidad de organizar e implementar medidas de ahorro energético y estará en coordinación con la Dirección Nacional de Eficiencia Energética del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

Art. 3.- El costo de implementación y ejecución de las medidas de eficiencia energética serán aplicados a los correspondientes presupuestos institucionales de cada entidad.

Disposición Transitoria. - Se establece como tiempo límite para la implementación total de lo dispuesto en el presente decreto ejecutivo, de doce meses a partir de su vigencia, para lo cual, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable emitirá los lineamientos técnicos necesarios para la implementación de los programas de eficiencia energética.

Art. Final. - El presente Decreto entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial y de su ejecución encárguese al Ministro de Electricidad y Energía Renovable.

El Decreto Ejecutivo entró en vigencia en mayo de 2009, luego de su publicación en el Registro Oficial, con lo que se estableció un plazo límite de 12 meses para el cumplimiento de todas las disposiciones, para lo cual el MEER emitió los lineamientos técnicos necesarios para la implementación de algunos programas de eficiencia energética como la sustitución de refrigeradores antiguos, el cambio de focos convencionales por focos ahorradores y la venta de cocinas de inducción, pero

lamentablemente no se han emitido políticas para la eficiencia energética en edificios pertenecientes a instituciones públicas, tampoco se ha implementado el Comité de Eficiencia Energética en todas las instituciones del Estado pues todavía en el Ecuador no existe una concientización sobre la importancia del ahorro de energía y el beneficio tanto económico como ecológico que esto representa.

La Secretaria nacional de planificación y desarrollo (SENPLADES), emitió en el año 2013 la planificación del Buen vivir para el periodo comprendido del 2013 al 2017, este programa presenta una postura política y constituye la guía de gobierno que se aspira poder tener y aplicar en el mencionado periodo de tiempo.

Plan Nacional del buen vivir 2013-2017

Objetivo 11

11.1. Reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable.

d. Incentivar el uso eficiente y el ahorro de energía, sin afectar la cobertura y calidad de sus productos y servicios.

j. Generar alternativas, fortalecer la planificación e implementar regulación al uso energético en el transporte, los hogares y las industrias, para modificar los patrones de consumo energético, con criterios de eficiencia y sustentabilidad.

Fortalecer la investigación científica en los ámbitos energéticos, de industrias básicas y de generación y uso sustentable de energía renovable, para la industria, los hogares, el transporte y la producción.

Existe la disposición por parte del gobierno nacional de fomentar el empleo de políticas de eficiencia energética, incentivar formación de técnicos para aplicar dichas políticas e incrementar la investigación en el campo de la eficiencia energética y fuentes de energía renovable a fin de contribuir con el objetivo del cambio de la matriz productiva en el país propuesto por el gobierno nacional.

1.4 Definición de términos básicos

Radiación

Las cargas eléctricas estacionarias producen campos eléctricos, mientras que las cargas eléctricas en movimiento producen tanto campos eléctricos como magnéticos. Los cambios repetidos y regulares en estos campos producen lo que llamamos radiación electromagnética. La radiación electromagnética transporta energía de un punto a otro. Esta radiación se propaga (mueve) a través del espacio a 299,792 km por segundo (alrededor de 186.000 millas por segundo). Esto significa, que viaja a la velocidad de la luz. Efectivamente, la luz es una de las formas de la radiación electromagnética. (NASA, 2008)

Perturbación

Los usuarios someten a la red a la influencia de multitud de cargas que, aunque funcionen correctamente, pueden alterar la onda de tensión con caídas permanentes o transitorias excesivas, inyección de corrientes en los arranques (Inrush) y sobretensiones en las paradas, distorsión armónica, entre otras, son las llamadas perturbaciones. (FERNANDEZ FICA S.A., 2012).

Carga

Es habitual llamar a los receptores "cargas". Si una carga monofásica es equivalente a una impedancia, una carga trifásica equilibrada está formada por tres impedancias iguales. (CIFP, 2006)

Caída de tensión

La caída de tensión o de voltaje en un sistema eléctrico es una de las fallas más comunes en una red de distribución y tiene efectos negativos considerables como pérdidas económicas importantes, paros de producción y daños parciales y totales de maquinaria.

La caída de tensión eléctrica se define como la diferencia de potencial que existe entre los dos extremos de una línea eléctrica. En un conductor la caída de tensión se mide en volts y existe en función del largo y de la resistencia del medio de condición eléctrica. A mayor distancia de la fuente de voltaje y mayor resistencia del conductor eléctrico existe una mayor caída de tensión. (CORPHECOLINE, 2003).

Carga instalada (CI)

La carga instalada (CI), es la sumatoria de las cargas nominales conectadas a un sistema o parte de él (Castaño, 2009).

Capacidad instalada (PI)

La capacidad instalada, es la sumatoria de las potencias nominales de los equipos (transformadores y generadores) instalados en el sistema (Castaño, 2009).

Carga máxima (DM)

También conocida como demanda máxima (DM), corresponde a la carga mayor que se presenta en un sistema (Castaño, 2009)

Horas equivalentes HE

Es el número de horas que requeriría la carga máxima para que se consuma la misma cantidad de energía que la consumida por la curva de carga real (Castaño, 2009).

Ecuación 1.3

$$HE = \frac{\text{Energía total consumida en el periodo kWh}}{\text{Carga máxima kW}}$$

1.5 Antecedentes de la investigación

A continuación se detalla dos proyectos de investigación para la realización de auditorías energéticas a edificios, ahorro energético y eficiencia energética, ambos publicados por instituciones públicas pertenecientes al gobierno español.

En la publicación: Manual de procedimiento para la realización de auditorías energéticas en edificios Tomo I y II, cuya autoría es de la Junta de Castilla y León

(2009), se hace un estudio integral de todos los aspectos, tanto técnicos como económicos, que afectan directa o indirectamente a las diferentes formas de consumo de energía en un edificio, en esta investigación se usan los métodos inductivo - deductivo y

problémico – hipotético, se determina en primer lugar la situación actual del edificio, para luego determinar cuáles son las razones para que el edificio se encuentre en dicha situación y posteriormente establecer un conjunto de reformas o mejoras encaminadas a un uso racional de la energía. Dichas mejoras no deben suponer una disminución en la calidad de los servicios prestados, en la productividad o en la habitabilidad del edificio.

En la investigación: Guía práctica sobre ahorro y eficiencia energética en edificios, cuya autoría es del Proyecto ENFORCE(2010), este trabajo de investigación tiene por objeto el proporcionar a los consumidores, administradores de edificios y constructores una herramienta de información válida e independiente sobre ahorro y eficiencia energética en los edificios, la misma sea de fácil uso y comprensión, en esta investigación se utilizó el método inductivo - deductivo, lo cual ayuda a comprender cuales son las causas principales del alto consumo de energía eléctrica y cuáles son las formas fundamentales de minimizar dicho consumo.

En la publicación: Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas, cuya autoría es de WWF España (2008), en este trabajo de investigación se realiza un análisis del consumo energético que se realiza en un edificio, cuyo uso esta destinado netamente a oficinas como es el caso del edificio del SECOB, empleando el método inductivo – deductivo se realiza un inventario de los subsistemas existentes en el edificio, se analiza su funcionamiento, su consumo energético para determinar las acciones mas efectivas que se pueden realizar a fin de reducir el consumo energético en cada uno de los sistemas, realiza un análisis de estas acciones a realizarse, cuales serán los beneficios de su aplicación, quienes son los responsables de realizar dichas acciones y cual es el beneficio tanto energético como económico de cada una de las acciones a tomarse.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se determina la metodología, el diseño, la modalidad, tipo y nivel de investigación, los métodos y técnicas que se emplearon, así como la operacionalización de las variables, tanto independiente como dependiente.

2.1 Diseño de la Investigación

En el presente trabajo de investigación se realizó la auditoría energética del sistema eléctrico del SECOB durante el año 2015 y se estableció un plan de ahorro de energía para disminuir el consumo de energía.

Se emplearon varias modalidades de investigación, una de ellas es la modalidad de campo porque se tomaron medidas in situ en el sistema eléctrico, a fin de determinar su nivel de eficiencia, para realizar estas mediciones, se emplearon varios instrumentos como el analizador de redes Fluke 435, pinza amperimétrica, multímetro, fluxómetro.

Otra modalidad de investigación que se empleó es la bibliográfica-documental ya que se analizó la bibliografía existente sobre este tema y también se evaluó la información proporcionada por el SECOB sobre las planillas de pago de los diferentes medidores, donde se detalla el consumo que han tenido las diferentes dependencias y el pago que ha realizado el SECOB por el consumo de energía.

Por otra parte, se empleó la modalidad especial – proyecto factible pues se busca encontrar una propuesta que sea viable para solucionar el problema de la ineficiencia del sistema eléctrico en el edificio del SECOB en la ciudad de Quito.

2.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es exploratorio, pues se estuvo en contacto con la realidad, conociendo el área de trabajo y realizando mediciones de variables que se analizaron posteriormente, también es correlacional, ya que al analizar las variables que fueron medidas se busca establecer una relación entre las mismas, mediante un análisis estadístico.

Por otra parte, la investigación también es de tipo explicativo ya que se busca comprobar una hipótesis que está establecida con anterioridad.

2.3 Población y muestra

La población que se considera para el presente trabajo de investigación son los 610 funcionarios que dispone el SECOB en sus diferentes dependencias.

Para determinar la muestra a quienes se aplicará la encuesta se empleó la siguiente fórmula:

Ecuación 2.1

$$n = \frac{NK^2p * q}{e^2 (N - 1) + k^2 * p * q}$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

N= población

K²= 2.56 constante que no debe ser menos de 95%

e= 0,1 error máximo admisible

p= 0,50 probabilidad a favor

q= 0,50 probabilidad en contra

De donde se obtiene que el tamaño de la muestra a ser aplicada sea de 129,31, razón por la cual se aplicará la encuesta a 130 funcionarios.

2.4 Operacionalización de las Variables

A continuación se presentan las matrices de operacionalización de las variables, tanto independiente como dependiente.

Variable dependiente: Consumo de energía eléctrica

Tabla 2.1 Operacionalización variable dependiente

Variable Dependiente	Consumo de energía eléctrica				
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es la determinación de la cantidad de energía eléctrica que consumen los diferentes sistemas versus la cantidad de energía que entregan	Inventarios por sistema	Iluminación	Cantidad (u), características, tipo, consumo nominal	Observación, registro	Ficha de observación, cámara fotográfica, filmadora
		Aire acondicionado			
		Equipo ofimático			
		Elevadores			
Consumo de potencia	Consumo potencia real	Kw	Medición Encuesta	Analizador de redes, multímetro digital, pinza amperimétrica. Cuestionario	
Costo energía eléctrica	Pago por consumo de energía eléctrica	USD	Cálculos	Ecuaciones	

Elaborado por: Autor

Variable independiente: Diagnóstico energético del sistema eléctrico del SECOB.

Tabla 2.2 Operacionalización variable independiente

Variable Independiente	Diagnóstico energético del sistema eléctrico del edificio del SECOB				
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es la situación actual en la que se encuentra el sistema eléctrico del edificio del SECOB	Instalaciones eléctricas	Calidad de la energía	Voltaje Corriente Potencia Factor de potencia Iluminación	Medición	Analizador de redes, software ETAP, multímetro pinza amperimétrica, luxómetro
		Estado físico del sistema eléctrico	Características Distribución Mantenimiento	Observación registro	Ficha de observación, cámara fotográfica filmadora

Elaborado por: Autor

2.5 Instrumentos de investigación

La obtención de datos e información se realizó a través de la observación y trabajos de campo, los instrumentos de medida empleados que servirán para evaluar la eficiencia del sistema eléctrico del edificio del SECOB se detallan a continuación.

Tabla 2.3 Instrumentos empleados en la investigación

Instrumento de medida	Variable a medirse
Analizador de redes	Voltaje, corriente, Potencia, energía, factor de potencia, armónicos.
Software ETAP	Simulación de variables
Software DIALUX	Simulación sistema de iluminación
Multímetro digital	Voltaje, resistencia
Pinza amperimétrica	Corriente eléctrica
Luxómetro	Luminosidad
Encuesta	Costumbres de consumo de personal

Elaborado por: Autor

En la tabla 2.3 se representa los diferentes instrumentos utilizados durante la realización de la auditoría energética del edificio del SECOB.

Multímetro digital

El multímetro digital es un instrumento electrónico de medición que generalmente calcula voltaje, resistencia y corriente, aunque dependiendo del modelo de multímetro puede medir otras magnitudes como capacitancia y temperatura. Gracias al multímetro podemos comprobar el correcto funcionamiento de los componentes y circuitos electrónicos (Circuitos electrónicos.org, 2015).

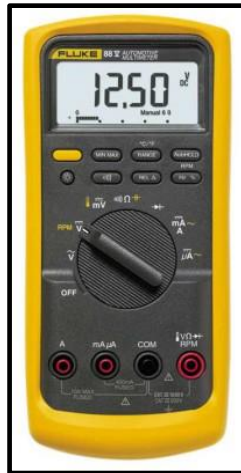


Figura 2.1 Multímetro digital

Fuente: (Circuitos electrónicos.org, 2015)

Pinza amperimétrica

La pinza amperimétrica es un tipo especial de amperímetro que permite obviar el inconveniente de tener que abrir el circuito en el que se quiere medir la corriente para colocar un amperímetro clásico.

El funcionamiento de la pinza se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético o de los campos que dicha circulación de corriente genera. Recibe el nombre de pinza porque consta de un sensor, en forma de pinza, que se abre y abraza el cable cuya corriente queremos medir. (Circuitos electrónicos.org, 2015).



Figura 2.2 Pinza amperimétrica

Fuente: (Circuitos electrónicos.org, 2015)

Luxómetro

Un luxómetro marca Dr. Meter (también llamado luxómetro o light meter) es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real

y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es el lux (lx). Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes. (PCE-INSTRUMENTS, 2002)



Figura 2.3 Luxómetro

Fuente: (PCE-INSTRUMENTS, 2002)

Analizador de redes FLUKE 435 serie II

El analizador Fluke 435 es un analizador de redes trifásico, el mismo que registra prácticamente todos los parámetros del sistema eléctrico como tensión, corriente, potencia, armónicos, flickers, consumo de energía, costo de la energía consumida, además dispone de funciones, como transmisión de señales, registro, precisión de entrada de tensión de 0,1% conforme a la norma IEC61000-4-30 2003 Clase A, memoria adicional para almacenar datos de registro, software de registro de potencia, pinzas amperimétricas flexibles y un maletín con ruedas de alta resistencia. (FLUKE)



Figura 2.4 Analizador de redes

Fuente: FLUKE

2.6 Modo de empleo del equipo

Siempre que sea posible, desactive los sistemas de alimentación antes de realizar las conexiones. Utilice siempre el equipo de protección personal apropiado. Evite trabajar solo.

La conexión de los cables del equipo para un sistema trifásico se debe realizar de acuerdo a la figura que se indica a continuación:

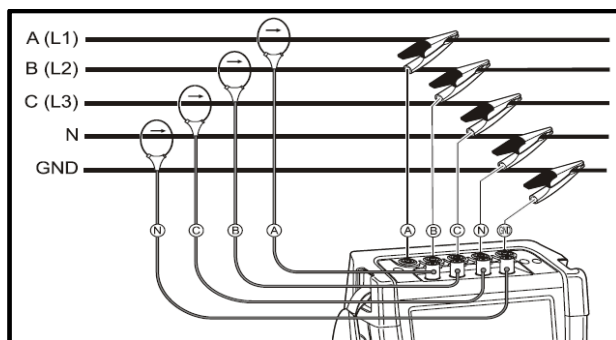


Figura 2.5 Conexión del analizador de redes

Fuente: FLUKE

Primero, se coloca las pinzas amperimétricas alrededor de los conductores de fase A (L1), B (L2), C (L3) y N (neutro). Las pinzas están marcadas con una flecha que indica la polaridad de señal correcta.

A continuación, se realizan las conexiones de tensión: comience por la conexión a tierra y después, en sucesión N, A (L1), B (L2) y C (L3). Para obtener resultados de medida correctos, conecte siempre la entrada de conexión a tierra. Compruebe siempre dos veces las conexiones. Compruebe que las pinzas amperimétricas están firmemente fijadas y completamente cerradas alrededor de los conductores.

Para medidas monofásicas, utilice la entrada de corriente A (L1) y las entradas de tensión de conexión a tierra, N(neutro) y fase A (L1). A (L1) es la fase de referencia para todas las medidas.

Antes de realizar medidas, configure el analizador según la tensión de línea, la frecuencia y la configuración del cableado del sistema de alimentación que desee medir.

Las pantallas de osciloscopio y fasor son útiles para comprobar si los cables de tensión y las pinzas amperimétricas están conectados correctamente. En el diagrama de vectores, las tensiones de fase y las corrientes A (L1), B (L2) y C (L3) deben aparecer en secuencia al observarlas en el sentido de las agujas del reloj como se muestra en el ejemplo de la figura siguiente:

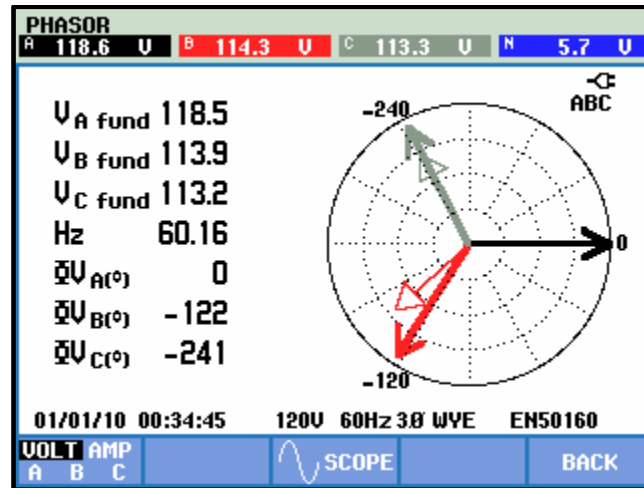


Figura 2.6 Diagrama de vectores

Fuente: FLUKE

En la figura 2.6 se indica el diagrama de vectores que proporciona le interfaz del analizador de redes Fluke 435.

Software ETAP (Electrical Power System Analisis)

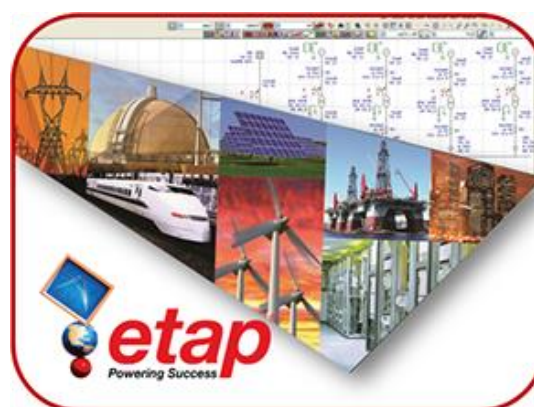


Figura 2.7 Software ETAP

Fuente: (ETAPSP, 2015)

El software ETAP es una de las herramientas más importantes a nivel mundial para el estudio de los sistemas eléctricos de potencia. Dentro de los estudios de mayor importancia para la planeación, operación y mantenimiento de los sistemas eléctricos se encuentran los análisis de flujo de carga, cortocircuito y coordinación de protecciones.

En el presente trabajo de investigación será utilizado para realizar la simulación del sistema eléctrico del edificio del SECOB utilizando los datos obtenidos con el analizador de redes FLUKE 435.

Software DIALUX



Figura 2.8 Software DIALUX

Fuente: (DIAL.DE, 2016)

El software DIALUX, es uno de los software mas utilizados a nivel mundial para la simulación de sistemas de iluminación, ya sean espacios pequeños, áreas grandes, edificios completos e inclusive áreas externas.

En el presente trabajo de investigación será utilizado para realizar la simulación del sistema de iluminación de tres dependencias estándar, con el fin de determinar si la iluminación obtenida es la adecuada, la cantidad de luminarias necesarias y el tipo de luminarias requeridas para un sistema de iluminación eficiente.

Encuesta

Se aplicará un cuestionario al personal de funcionarios del SECOB, a fin de determinar las costumbres de consumo de energía eléctrica, las preguntas a aplicarse son las siguientes:

Tabla 2.4 Preguntas de la encuesta

Ord.	Contenido	Respuestas	
1	Conoce usted si el SECOB dispone de un Plan de ahorro energético?	SI	NO
2	Ha asistido usted a alguna capacitación sobre ahorro de energía	SI	NO
3	Cuando no va a utilizar su computador durante periodos de más de 30 minutos, utiliza el modo ahorro de energía en su PC?	SI	NO
4	Antes de salir, luego de terminar sus labores diarias, apaga y desconecta su computador?	SI	NO
5	Apaga las luces de su oficina antes de salir luego de terminadas las labores diarias?	SI	NO
6	Utiliza el ascensor todos los días?	SI	NO

Elaborado por: Autor

En la tabla 2.4, se indica el tipo de preguntas aplicadas en la encuesta es cerrada, con el fin de que las respuestas sean simplemente si o no, para que la tabulación de los resultados y su consiguiente análisis sea mas rápido.

2.7 Método para realizar la auditoría energética del sistema eléctrico del SECOB

Adquisición de datos

La adquisición de datos se realizó en dos fases:

- Fase I: recopilación inicial de información
 - ❖ Registro de información de facturación eléctrica durante el año 2015.
 - ❖ Distribución del consumo mensual
 - ❖ Inventario de los sistemas existentes en el SECOB por dependencia.
- Fase II: Toma de datos en las dependencias
 - ❖ Realizar las mediciones de todas las dependencias que consumen energía.
 - ❖ Tabulación de los datos obtenidos.
 - ❖ Simulación del sistema eléctrico con el software ETAP.

Análisis de resultados

Los datos obtenidos fueron analizados para determinar cuales son las posibles causas del alto consumo de energía eléctrica en las dependencias del SECOB.

Propuesta de mejora

Una vez determinado cuales son las causas del alto consumo de energía, se procedió a establecer un plan de ahorro energético acorde a la realidad de nuestro país y del SECOB.

Mediciones realizadas

Las mediciones que se realizaron con los instrumentos han sido in situ, considerando como el instrumento principal de medición el analizador de redes FLUKE 435 serie II, el mismo que se configuró para registrar mediciones cada 10 minutos durante 7 días continuos, como recomienda la Regulación No.-CONELEC-004-01.

Otros instrumentos empleados fueron el multímetro y la pinza amperimétrica, para registrar valores de voltaje y corriente.

El fluxómetro se empleó para medir la luminosidad existente en las diferentes áreas de trabajo de las dependencias del SECOB.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El objetivo del presente capítulo es determinar el estado del sistema eléctrico del edificio del SECOB, en base a los resultados obtenidos de las diferentes tareas realizadas.

3.1 Sistema eléctrico del SECOB

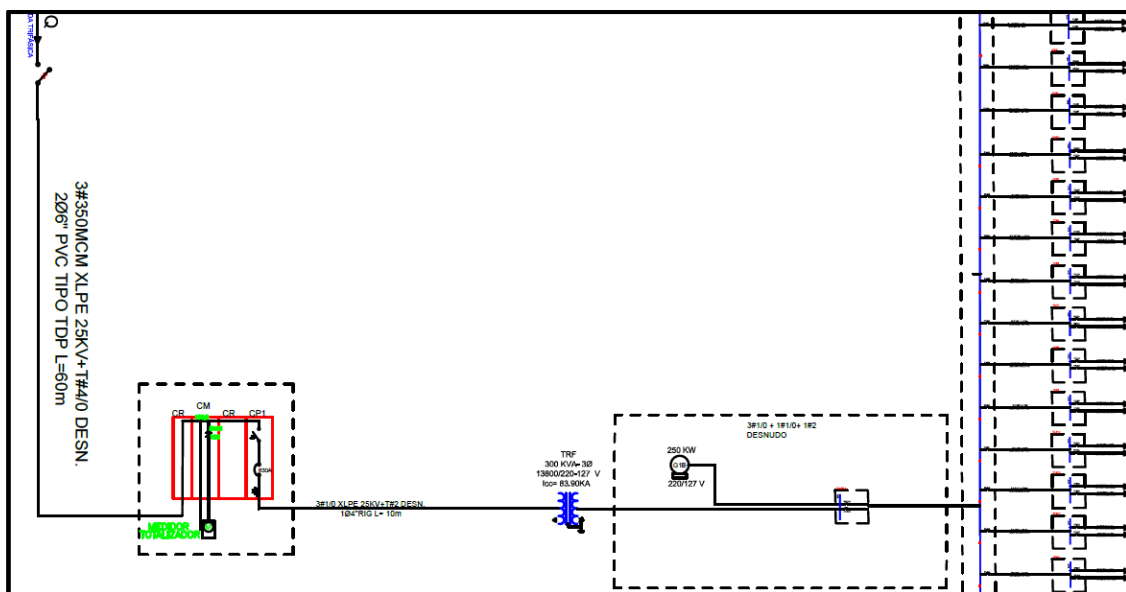


Figura 3.1 Diagrama unifilar sistema eléctrico del SECOB

Fuente: SECOB

El sistema eléctrico del SECOB, está formado por un transformador de 300 kVA y un generador de 250 kVA, lo que permite tener siempre energizadas a las instalaciones del SECOB, a la salida del transformador se encuentran conectados dieciséis medidores de consumo de energía eléctrica, de los cuales quince son para cada uno de los pisos del edificio y uno exclusivo para los elevadores, la salida de estos medidores se conectan con las cajas térmicas en cada uno de los pisos y de las cajas térmicas se realizan las conexiones para los diferentes puntos que sean necesarios para los sistemas, los mismos que han sido clasificados de la siguiente forma: sistema de iluminación, sistema de aire acondicionado, sistema de equipos ofimáticos y electrodomésticos y sistema de elevadores.



Figura 3.2 Tablero de medidores

Fuente: Investigador

La figura 3.2, indica el tablero de breakers conectados a las diferentes fases de los medidores de las dependencias del SECOB.

3.2 Fase I recopilación inicial de información

Registro de información sobre la facturación eléctrica durante el año 2015.

Esta información ha sido facilitada por el SECOB, obteniéndose el detalle del consumo de energía de todos los medidores existentes en el edificio durante el año 2015, de esta forma se ha determinado que el consumo es el siguiente:

Tabla 3.1 Consumo de energía según planillas

Mes	Consumo mensual	Pago mensual
	KWh	USD
ENERO	30114	3375,62
FEBRERO	33252	3633,28
MARZO	31358	3473,25
ABRIL	32864	3619,36
MAYO	33095	3628,09
JUNIO	32980	3625,91
JULIO	31179	3482,69
AGOSTO	33151	3633,72
SEPTIEMBRE	31744	3525,49
OCTUBRE	31046	3464,62
NOVIEMBRE	30452	3408,12
DICIEMBRE	30158	3392,07
TOTAL	381393	42262,22

Elaborado por: Investigador

Como se puede apreciar en la tabla 3.1, el consumo anual del edificio asciende a 381393 kWh, ocasionando un pago total de 42262,22 USD, (El detalle del consumo mensual de cada uno de los medidores se encuentra en el anexo 2).

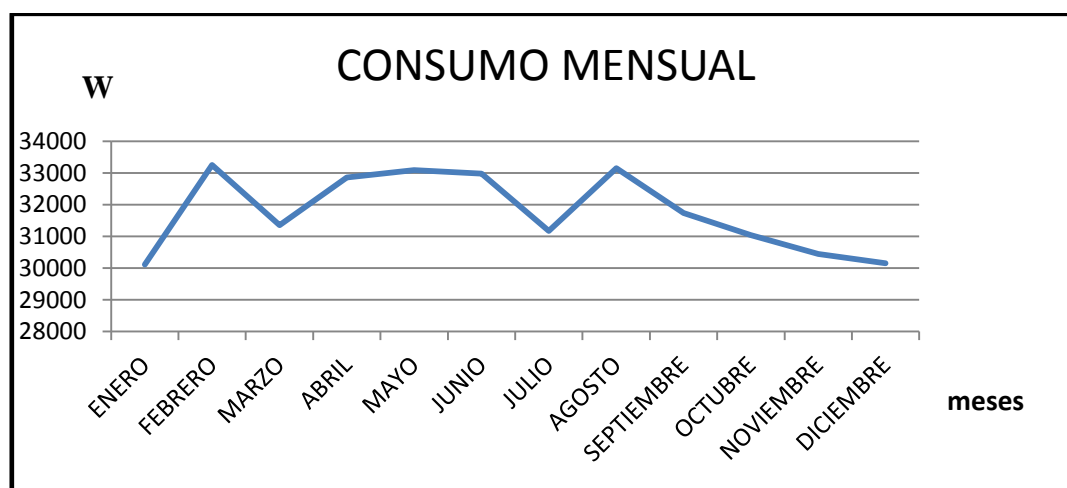


Figura 3.3 Consumo mensual de los medidores

Fuente: Investigador

En la figura 3.3, se indica el consumo mensual de todos los medidores, se puede apreciar que el consumo oscila entre 30000 W y 33252 W mensuales.

Inventario de los sistemas

Una vez realizado el inventario realizado en todo el edificio sobre los equipos y luminarias existentes en las diferentes dependencias del SECOB, se han obtenido los siguientes datos:

Tabla 3.2 Inventario de sistemas

APARATOS Y LUMINARIAS	PB	MZNE	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	PH	TOTAL
Luminarias 3x17 W				30	27											57
Luminarias 3x32 W	137	56	56	26	29	56	56	8	56	56	56	56	56	56	30	790
Ojos de buey 2x15 W								70								70
Foco ahorrador 1x15 W	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30
Dicroicos LED								70							34	104
UPS				3												3
Microondas		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
Cafeteras		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
Elevador																2
Computador	7	47	40	38	49	33	34	15	47	49	32	35	43	45	45	559
Monitor	7	47	40	38	49	33	34	15	47	49	32	35	43	45	45	559
Impresora	2	4	4	3	4	3	3	4	4	5	3	3	5	5	5	57
Switch de red		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
Router Wifi		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	28
Bomba cisterna	2															2
Data center				1												1
Aire acondicionado				2												2

Elaborado por: Autor

La tabla 3.2 indica el resultado del inventario de los sistemas, aparatos y luminarias existentes en cada una de las dependencias del SECOB.

Carga instalada (CI)

Siendo la carga instalada (CI), la sumatoria de las cargas nominales conectadas a un sistema o parte de él (Castaño, 2009), para el presente caso de investigación se tomará en cuenta para el efecto el análisis de carga realizado de acuerdo a formato del Apéndice A-11-D de la EEQ S.A (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2009).

Con estos datos obtenidos en el inventario de los sistemas existentes, se puede determinar la carga instalada (CI) es:

Tabla 3.3 Carga instalada

APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO			CI	FFUn	CIR	FSn	DMU
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Pn (W)	(W)	(%)	(W)	(%)	(W)
2	3	4	5	6	7	8	9
Luminarias 2x17 W	57	34	1938	40%	775	30%	233
Luminarias 2x32 W	790	64	50560	40%	20224	45%	9101
Ojos de buey 2x15 W	70	30	2100	50%	1050	30%	315
Foco ahorrador 1x15 W	30	15	450	50%	225	30%	68
Dicroicos LED	104	7	728	50%	364	10%	36
UPS	3	12000	36000	50%	18000	50%	9000
Microondas	14	1000	14000	30%	4200	50%	2100
Cafeteras	14	100	1400	30%	420	80%	336
Elevador	2	12000	24000	50%	12000	80%	9600
Computador	559	50	27950	70%	19565	60%	11739
Monitor	559	250	139750	75%	104813	60%	62888
Impresora	57	150	8550	80%	6840	50%	3420
Switch de red	14	85	1190	80%	952	20%	190
Router Wifi	28	30	840	80%	672	20%	134
Bomba cisterna	2	3000	6000	50%	3000	50%	1500
Data center	1	36000	36000	60%	21600	50%	10800
Aire acondicionado	2	15000	30000	60%	18000	50%	9000
		79815	381456		232700		130460

Elaborado por: Autor

La carga instalada total en el sistema eléctrico del SECOB asciende a 130460 W, de acuerdo al resultado obtenido en el apéndice A-11-D perteneciente a la EEQ.

Capacidad instalada (PI)

Siendo la capacidad instalada, la sumatoria de las potencias nominales de los equipos (transformadores y generadores) instalados en el sistema (Castaño, 2009), con estos datos se puede obtener que la capacidad instalada es de:

Ecuación 3.1

$$PI = \text{Capacidad transformador} + \text{Capacidad generador}$$

$$PI = 300\text{kVA} + 250 \text{ kVA}$$

$$PI = 550 \text{ kVA}$$

La capacidad instalada es igual a 550 kVA.

3.3 Mediciones con el analizador de redes

Mediciones en el transformador

Carga máxima (DM)

También conocida como demanda máxima (DM), corresponde a la carga mayor que se presenta en un sistema (Castaño, 2009), para este caso de estudio, se tomará en cuenta las 24 horas del día que se realizó la medición de la potencia activa (kW).

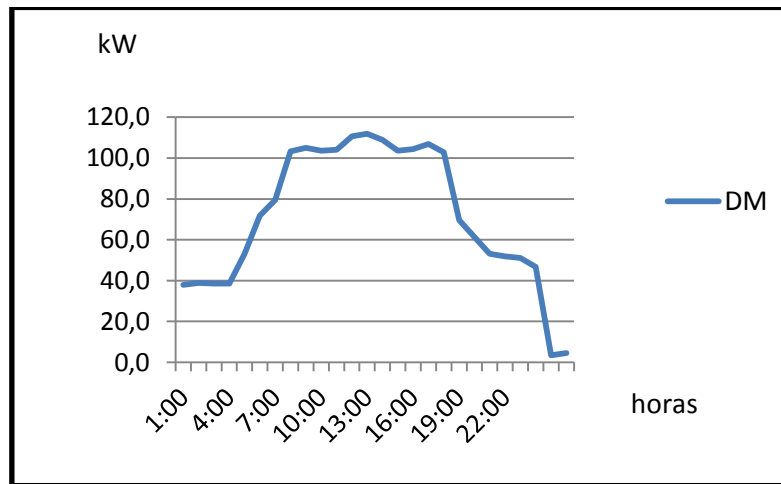


Figura 3.4 Carga máxima (DM)

Fuente: Investigador

Como se puede apreciar en la figura 3.4, la carga máxima medida es de 111,8 kW medida a las 13:00, capacidad que puede ser perfectamente abastecida por el transformador existente en el sistema (300 kVA) y en caso de ser necesario el uso del generador (250 kVA), garantizándose el abastecimiento de energía eléctrica para el edificio del SECOB.

Cálculo desbalance de las cargas en el transformador

Tabla 3.4 Cargas aplicadas al transformador

	Fase	kW	kvar	kVA	%FP
Carga por fases	A	38,6	14,4	41,1	94
	B	38,3	11,2	40,3	95
	C	39,9	10,3	41,1	97
TOTAL		113,8	35,6	119,4	

Elaborado por: Autor

Para realizar el cálculo del desbalance de las cargas se empleó la ecuación número 1.1.

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} * 100\%$$

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{39,9 - 38,3}{39,9} * 100\%$$

$$\text{Desbalance entre fases} = 4,01\%$$

Como se puede apreciar el desbalance de cargas es inferior al 5% que indica la norma. (ARCONEL, 2016)

De la misma forma se puede observar en la tabla anterior que el factor de potencia de las tres fases se encuentra dentro de los límites determinados por la norma, la cual indica que no debe ser inferior a 0,92. (CONELEC, 2001).

Curva de carga diaria del transformador

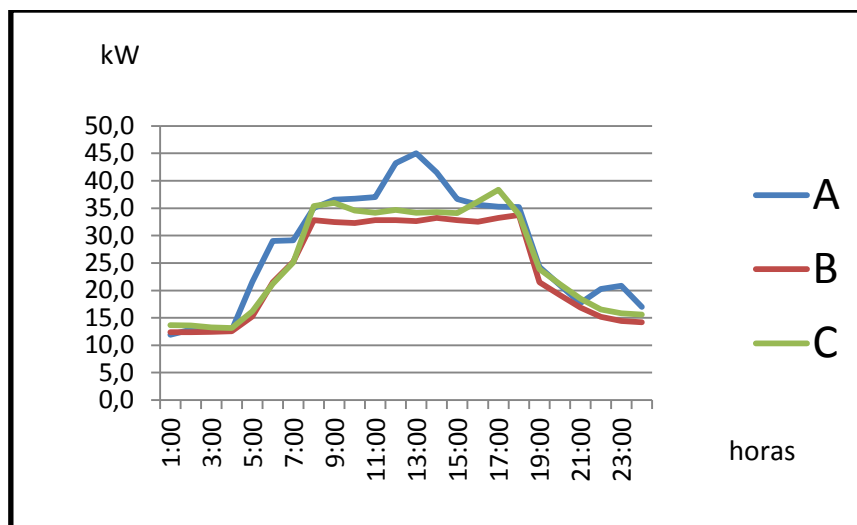


Figura 3.5 Curva de carga diaria

Fuente: Investigador

En la figura 3.5, se puede apreciar que el consumo de energía es relativamente estable desde las 08:00 hasta las 17:00, con un ligero incremento a las 13:00 horas que es donde se encuentra el consumo máximo de energía del día.

Mediciones en el tablero de medidores

Se realizaron las mediciones de las salidas de todos los medidores existentes en el edificio a la salida del transformador, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 3.5 Voltajes medidos

	VRMS AB	VRMS BC	VRMS AC
PB	214,77	216,11	215,45
MZNNE	211,37	212,53	211,68
P1	211,37	212,53	211,68
P2	214,51	216,12	215,45
P3	214,37	215,78	214,88
P4	213,66	215,03	214,13
P5	214,52	215,83	214,85
P6	214,32	215,75	214,66
P7	215,71	217,05	216,36
P8	215,99	217,40	216,54
P9	214,96	216,49	215,62
P10	213,90	215,35	214,42
P11	213,29	214,68	213,51
P12	213,97	215,54	214,72
PH	213,50	214,89	214,14
ELEVADORES	215,06	214,14	215,27

Elaborado por: Autor

Como se puede apreciar en la tabla 3.5, no existe mayor diferencia en las mediciones de voltaje en las tres fases de los medidores, razón por la cual se determina que no existe ningún problema en las mediciones obtenidas.

Tabla 3.6 Corrientes medidas

	CORRIENTE A	CORRIENTE B	CORRIENTE C	CORRIENTE N
PB	5,81	0,30	0,99	1,59
MZNNE	9,86	9,63	6,47	7,60
P1	9,75	8,92	7,02	7,51
P2	75,88	67,56	74,48	9,97
P3	4,58	2,07	16,57	5,02
P4	13,44	18,56	11,04	8,65
P5	13,06	2,58	14,98	13,15
P6	13,51	10,08	13,57	7,61
P7	8,09	23,09	4,85	17,10
P8	18,67	0,30	11,63	17,72
P9	15,46	11,35	5,94	12,47
P10	20,62	2,82	12,29	18,84
P11	6,94	11,98	10,92	8,51
P12	12,91	11,80	8,46	11,79
PH	11,30	13,66	9,81	13,39
ELEVADORES	7,17	8,25	7,79	3,66

Elaborado por: Autor

En cuanto a la medición de corriente en las tres fases y en el neutro se puede apreciar en la tabla 3.6, que existe diferencia en el consumo de amperaje de las diferentes fases y la existencia de amperaje elevado en el neutro en la mayoría de los medidores.

Tabla 3.7 Factor de potencia medido

	FACTOR DE POTENCIA A	FACTOR DE POTENCIA B	FACTOR DE POTENCIA C
PB	0,92	0,92	0,93
MZNNE	0,98	0,93	0,96
P1	0,92	0,93	0,93
P2	0,98	0,93	0,96
P3	0,93	0,98	0,93
P4	0,92	0,99	0,97
P5	0,97	0,88	0,95
P6	0,98	0,92	0,92
P7	0,97	0,98	0,98
P8	0,98	0,92	0,99
P9	0,97	0,94	0,95
P10	0,98	0,96	0,97
P11	0,93	0,97	0,93
P12	0,95	0,96	0,99
PH	0,97	0,94	0,95
ELEVADORES	0,99	0,99	0,98

Elaborado por: Autor

En cuanto al factor de potencia, las mediciones obtenidas son entre 0,92 y 0,99, por lo que se puede determinar que no existen problemas en cuanto al factor de potencia (CONELEC, 2001).

Tabla 3.8 Potencia promedio medida en los medidores

	POTENCIA MEDIA A (VA)	POTENCIA MEDIA B (VA)	POTENCIA MEDIA C (VA)
PB	610,1	26,7	103,0
MZNNE	1100,9	1023,2	642,7
P1	1445,1	1048,3	642,0
P2	16110,7	15601,7	17964,0
P3	523,5	234,8	1925,9
P4	1465,5	2147,0	1349,6
P5	1470,0	222,4	1704,9
P6	1560,2	1168,3	1444,1
P7	905,7	2546,1	234,0
P8	2305,3	29,5	1422,8
P9	1842,5	1313,5	528,2
P10	2396,6	330,1	1447,9
P11	1004,5	1410,0	1197,8
P12	1354,7	1323,8	990,1
PH	1187,4	1513,1	1102,0
ELEVADORES	1543,7	1967,0	1432,6

Elaborado por: Autor

La tabla 3.8 nos indica las potencias medias en los diferentes medidores entre las 08:00 y las 19:00 horas, se puede apreciar que existe una clara diferencia en las cargas aplicadas en cada una de las fases de los medidores.

Desbalance de cargas por medidor

Se procedió a realizar el cálculo del desbalance de cargas para cada medidor, empleando la fórmula 1.1.

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} * 100\%$$

Tabla 3.9 Cálculo desbalance de cargas por medidor

Medidor dependencia	Desbalance (%)
PB	95,6
MZNE	41,6
P1	55,6
P2	13,2
P3	87,8
P4	37,1
P5	86,9
P6	25,1
P7	90,8
P8	98,7
P9	71,3
P10	86,2
P11	28,8
P12	26,9
PH	27,2
ELEVADORES	27,1

Elaborado por: Autor

Como se puede apreciar en la tabla 3.9, todos los medidores se encuentran desbalanceados, sobrepasando el 5%. (Detalle de los cálculos del desbalance de los medidores se encuentra en el Anexo 3).

De lo analizado anteriormente se puede concluir que el consumo de energía en todos los medidores es relativamente uniforme en el horario de oficina, es decir desde las 08:00 hasta las 18:00 horas que es horario de funcionamiento de las oficinas del SECOB (detalle del comportamiento de la carga en cada medidor se encuentra en el Anexo 3).

3.4 Simulación del sistema eléctrico del edificio del SECOB con el software ETAP

Para la simulación del sistema eléctrico se utilizó la información presentada en el diagrama unifilar de la figura siguiente.

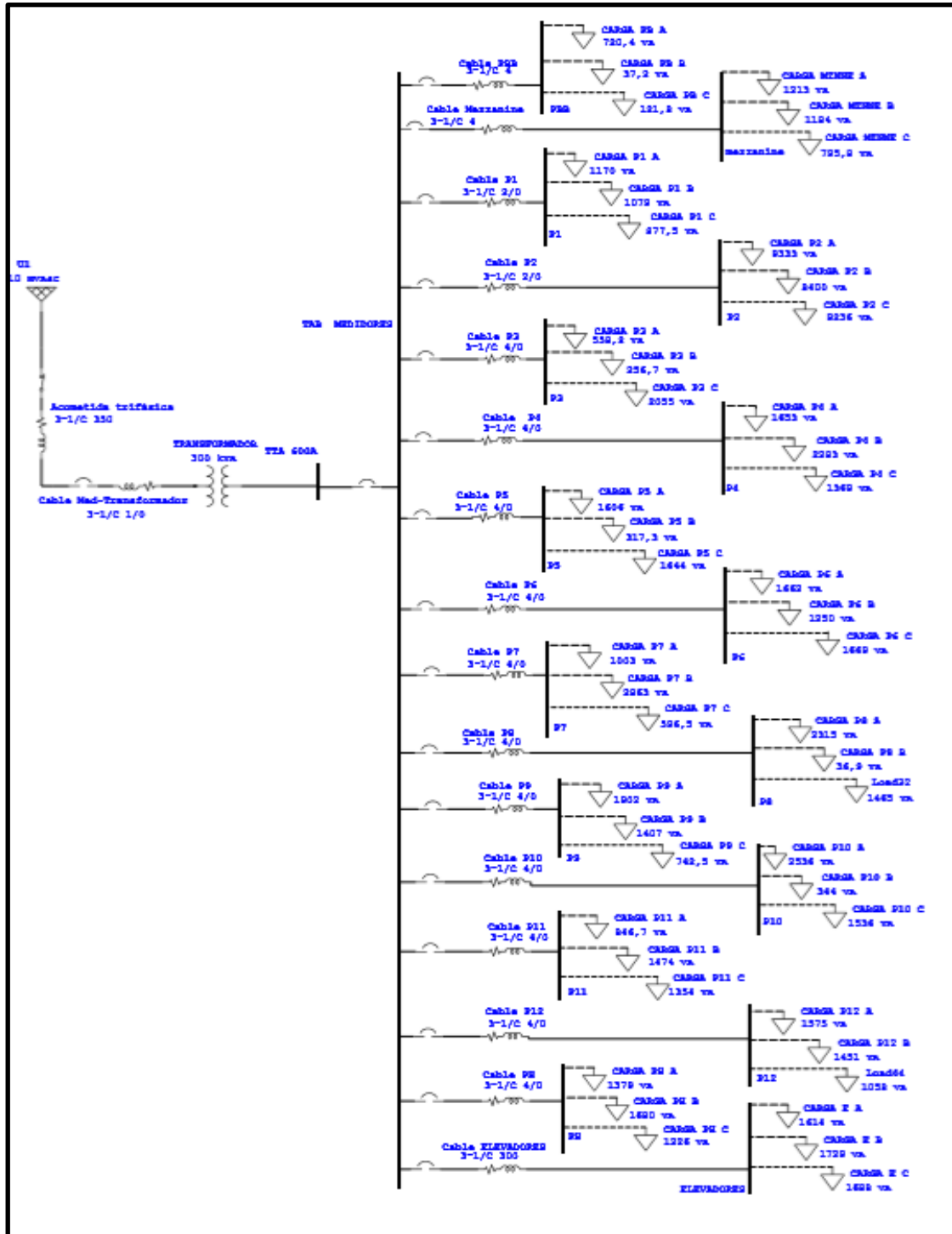


Figura 3.6 Diagrama unifilar simulación ETAP

Fuente: Software ETAP

El sistema eléctrico se encuentra conformado por el grupo electrógeno que consiste en un transformador de 300kVA, a la salida del mismo se encuentra un tablero de dieciséis medidores para los quince pisos existentes y para los elevadores de 12kVA cada uno.

Flujos de carga

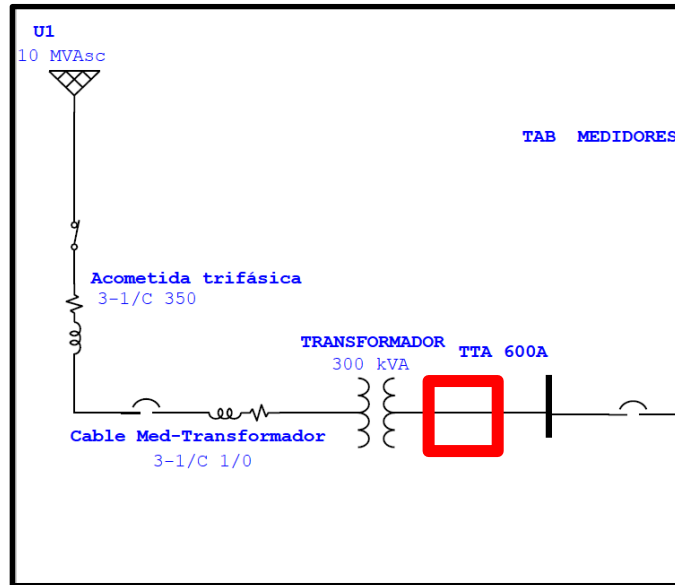


Figura 3.7 Lugar toma de mediciones transformador

Fuente: Investigador

En la figura 3.7, se representa el lugar donde se tomaron las mediciones para el transformador del sistema eléctrico del SECOB.

En vista que los datos obtenidos con el analizador de redes fueron bastante diferentes para cada una de las fases en algunos medidores, se realizará la simulación considerando un sistema desbalanceado. A continuación se detallan los datos obtenidos con el simulador.

Tabla 3.10 Resumen general del sistema y factor de potencia

	Fase	kW	Kvar	kVA	%FP
Fuente (Barras Oscilantes EEQ)	A	38,4	13,9	41,6	93,47
	B	38,3	11,3	40,5	95,40
	C	39,7	10,4	41,3	96,98
Demanda Total	A	38,4	13,9	41,6	93,47
	B	38,3	11,3	40,5	95,40
	C	39,7	10,4	41,3	96,48

Elaborado por: Simulador ETAP

En la tabla 3.10, se puede apreciar el consumo de potencia en cada una de las fases, de la misma forma se dispone del detalle del factor de potencia en las tres fases, el mismo oscila entre 93,47 y 96,98, cumpliendo normativa legal (ARCONEL, 2016), por lo tanto no se presente ninguna anomalía en cuanto al factor de potencia.

Carga del transformador

Tabla 3.11 Carga aplicada al transformador

Circuito / Rama			Transformador				
ID	Con.	Tipo	Capacidad (kVA)	Carga (entrada)		Carga (salida)	
				kVA	%	kVA	%
T1	Trifásico	Transformar	300	88	29,3	88	29,2

Elaborado por: Simulador ETAP

La simulación nos indica como resultado que el transformador se encuentra a un 29,3% por ciento de su capacidad de carga de entrada y a un 29,2 % de su capacidad de carga de salida, por lo tanto el transformador no se encuentra sobrecargado.

Flujo de carga en los medidores

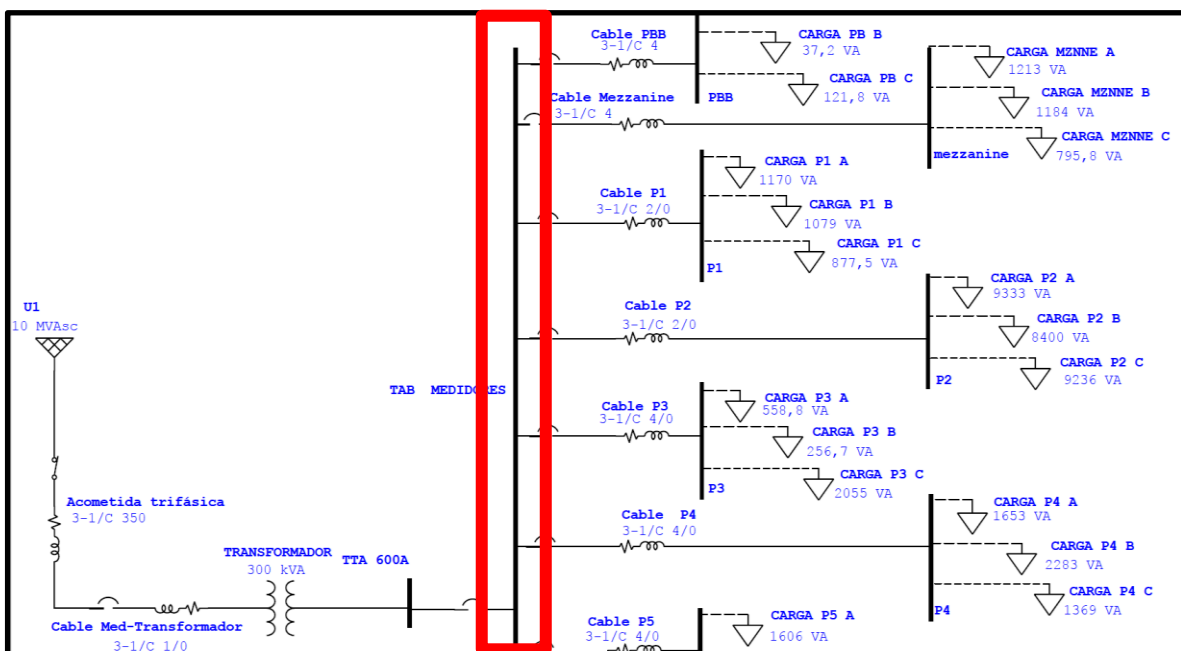


Figura 3.8 Lugar toma de mediciones medidores

Fuente: Investigador

En la figura 3.8, se indica el lugar donde se realizaron las mediciones para las mediciones de los medidores, en el software ETAP, de tal simulación se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 3.12 Flujo en los medidores

	POTENCIA PROMEDIO A (VA)	POTENCIA PROMEDIO B (VA)	POTENCIA PROMEDIO C (VA)
PB	720,4	37,2	121,8
MZNNE	1213	1184	785,8
P1	1170	1179	775,2
P2	9333	8400	9236
P3	558,8	256,7	2055
P4	1653	2283	1369
P5	1606	317,3	1644
P6	1662	1250	1699
P7	1003	2863	596,5
P8	2315	36,9	1465
P9	1902	1407	742,5
P10	2536	344	1536
P11	846,7	1474	1354
P12	1575	1461	1058
PH	1379	1680	1226
ELEVADORES	1614	1729	1688

Elaborado por: Autor

Los valores de potencia medidos en la simulación son similares a los medidos con el analizador de redes, ratificando la información, como se indica en la tabla 3.12.

Utilización de la capacidad eléctrica de los cables

Tabla 3.13 Capacidad eléctrica de los cables

	Cable A		Cable B		Cable C	
	Calibre / Amperaje	%	Calibre / Amperaje	%	Calibre / Amperaje	%
PB	4 AWG / 70	8,3	4 AWG / 70	0,4	4 AWG / 70	1,4
MZNNE	4 AWG / 70	14,1	4 AWG / 70	13,8	4 AWG / 70	9,2
P1	2 AWG / 95	10,3	2 AWG / 95	9,4	2 AWG / 95	7,4
P2	2 AWG / 95	79,9	2 AWG / 95	71,1	2 AWG / 95	78,4
P3	4 AWG / 70	6,54	4 AWG / 70	3,0	4 AWG / 70	23,7
P4	4 AWG / 70	19,2	4 AWG / 70	26,5	4 AWG / 70	15,8
P5	4 AWG / 70	18,7	4 AWG / 70	3,7	4 AWG / 70	21,4
P6	4 AWG / 70	19,3	4 AWG / 70	14,4	4 AWG / 70	19,4
P7	4 AWG / 70	11,6	4 AWG / 70	33,0	4 AWG / 70	6,9
P8	4 AWG / 70	26,7	4 AWG / 70	4,3	4 AWG / 70	16,6
P9	4 AWG / 70	22,1	4 AWG / 70	16,2	4 AWG / 70	8,5
P10	4 AWG / 70	29,5	4 AWG / 70	4,0	4 AWG / 70	17,6
P11	4 AWG / 70	9,9	4 AWG / 70	17,1	4 AWG / 70	15,6
P12	4 AWG / 70	18,4	4 AWG / 70	16,9	4 AWG / 70	12,1
PH	4 AWG / 70	16,1	4 AWG / 70	19,5	4 AWG / 70	14,0
ELEVADORES	300 MCM / 240	3,0	300 MCM / 240	3,4	300 MCM / 240	3,3

Elaborado por: Autor

Como se puede apreciar en la tabla 3.13, la utilización de la capacidad eléctrica de los diferentes conductores de los medidores está muy por debajo de su capacidad máxima, se considera que estos valores se encuentra dentro de los niveles operáticos normales para su empleo.

Informe de pérdidas eléctricas en los cables

Tabla 3.14 Pérdidas en los cables del sistema

Medidor dependencia	Pérdidas (kW)
PB	0,0
MZNE	0,0
P1	0,0
P2	0,3
P3	0,0
P4	0,0
P5	0,0
P6	0,0
P7	0,0
P8	0,0
P9	0,0
P10	0,0
P11	0,0
P12	0,0
PH	0,0
ELEVADORES	0,0
ACOMETIDA TRIFÁSICA	0,0
CABLE MEDIDOR- TRANSFORMADOR	0,0
TRANSFORMADOR	0,3
TOTAL	0,6

Elaborado por: Autor

En la tabla 3.14, se puede apreciar las pérdidas producidas en los cables, la misma asciende a 0,6 kW.

3.5 Sistema de iluminación

El diseño de las diferentes dependencias del SECOB es la misma en todos los pisos, salvo pequeños cambios que se han realizado con el paso de los años, para el análisis de los datos de iluminación se ha considerado el diseño original, el cual se ha mantenido en la mayoría de dependencias, razón por la cual se ha considerado el mismo diseño estructural para todos los pisos.

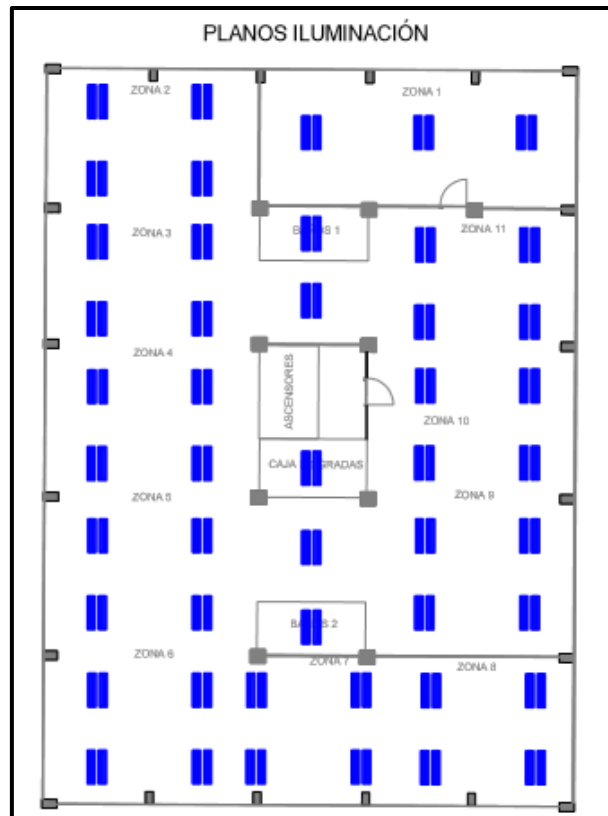


Figura 3.9 Distribución de luminarias

Fuente: Investigador

Las luminarias utilizadas en las dependencias del SECOB son luminarias T15 de 3x32W y focos ahorradores de 15W en los baños, la ubicación de las mismas es la indicada en la figura anterior.

La medición de los niveles de iluminación se realizará empleando un luxómetro digital marca DR. Meter, según su fabricante tiene una precisión de $\pm 5\%$, la ubicación del instrumento será a un metro de altura del piso (a la altura del escritorio) con el sensor de luz hacia arriba, con cuidado de no cubrir las células foto sensibles y se realizarán cuatro mediciones en lugares aleatorios del área a evaluar, cuya ubicación sea representativa del área, estos datos obtenidos se tabularán en una tabla obteniéndose un promedio (EARTHTECH, 2011):

Con el método detallado anteriormente, la iluminación medida en las diferentes dependencias del SECOB, considerando las diferentes zonas en cada una de las instalaciones, es la siguiente:

Tabla 3.15 Iluminación medida

PB	Zonas (lux)							PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	7	
MZNNE	350	310	430	330	380	420	510	390
P1	410	390	435	415	505	433	405	428
P2	323	403	286	376	436	377	282	355
P3	402	425	315	402	283	345	309	354
P4	390	468	426	285	326	423	412	390
P5	346	386	280	326	294	325	357	331
P6	387	319	415	347	426	312	298	358
P7	520	496	513	480	390	460	514	482
P8	348	290	317	417	512	347	342	368
P9	402	314	423	287	299	325	436	355
P10	359	390	290	345	275	326	423	344
P11	415	348	418	395	513	421	383	413
P12	423	356	398	416	425	383	294	385
PH	390	298	417	349	425	383	313	368
ELEVADORES	397	415	387	423	452	375	403	407

Elaborado por: Autor

Con los datos obtenidos de las mediciones de luminosidad en las diferentes dependencias, representados en la tabla 3.15, se puede determinar que la iluminación es correcta para todas las dependencias, de acuerdo a la normativa vigente (MINISTERIO DEL TRABAJO, 1998).

3.6 Análisis de los resultados de la encuesta sobre las costumbres del uso de energía por parte de los funcionarios del SECOB

Una vez aplicada la encuesta a los funcionarios, se obtuvieron los siguientes resultados:

Pregunta 1: Conoce usted si el SECOB dispone de un Plan de ahorro energético?

SI	NO
0	130

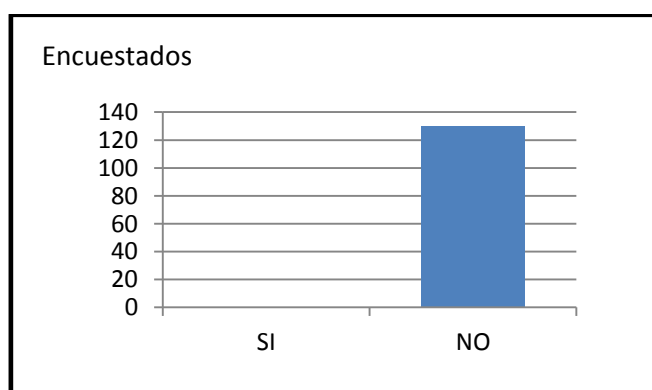


Figura 3.10 Respuesta pregunta 1

Ningún funcionario conoce la existencia de un Plan de ahorro energético en el Servicio de contratación de obras, lo cual demuestra la no existencia de mencionado plan.

Pregunta 2: Ha asistido usted a alguna capacitación sobre ahorro de energía?

SI	NO
18	112

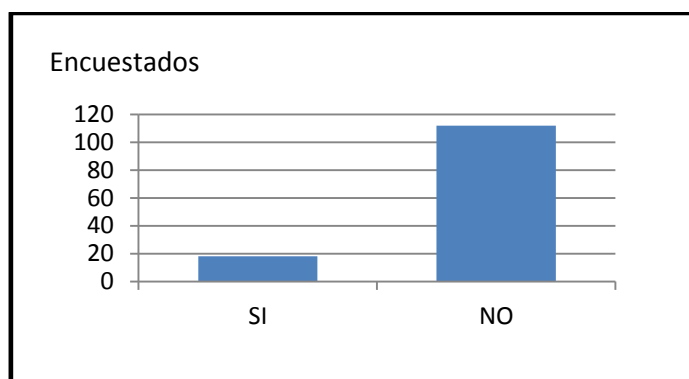


Figura 3.11 Respuesta pregunta 2

Solamente 18 de los 130 funcionarios encuestados han asistido a charlas sobre ahorro de energía, lo cual nos demuestra que se necesita hacer las charlas informativas sobre este tema.

Pregunta 3: Cuando no va a utilizar su computador durante periodos de más de 30 minutos, utiliza el modo ahorro de energía en su PC?

SI	NO
45	85

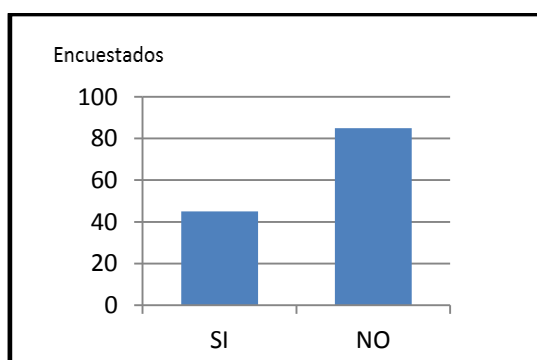


Figura 3.12 Respuesta figura 3

45 de los 130 funcionarios admitió que usa el modo ahorro de energía cuando no va a utilizar su computador por tiempo prolongado.

Pregunta 4: Antes de salir, luego de terminar sus labores diarias, apaga y desconecta su computador?

SI	NO
37	93

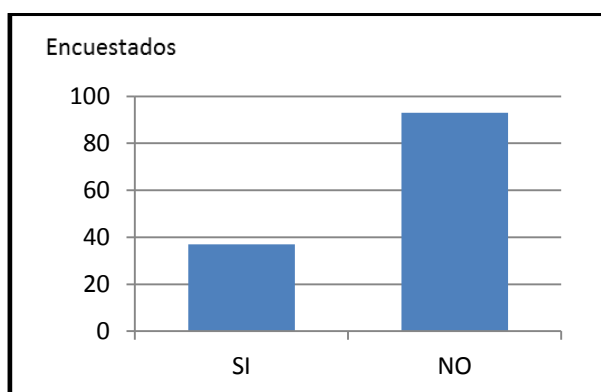


Figura 3.13 Respuesta figura 4

Apenas 37 funcionarios reconoció que al terminar su día de labores apaga y desconecta su PC, lo cual nos indica que el consumo de energía continuará durante la noche.

Pregunta 5: Apaga las luces de su oficina antes de salir luego de terminadas las labores diarias?

SI	NO
56	74

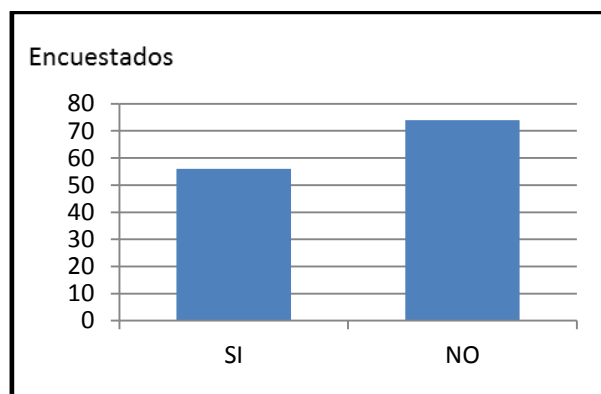


Figura 3.14 Respuesta pregunta 5

74 funcionarios reconoció que no apaga las luces de su oficina al salir en la tarde, dependiendo de otras personas si las luces permanecen apagadas o no durante la noche.

Pregunta 6: Utiliza el ascensor todos los días?

SI	NO
119	11

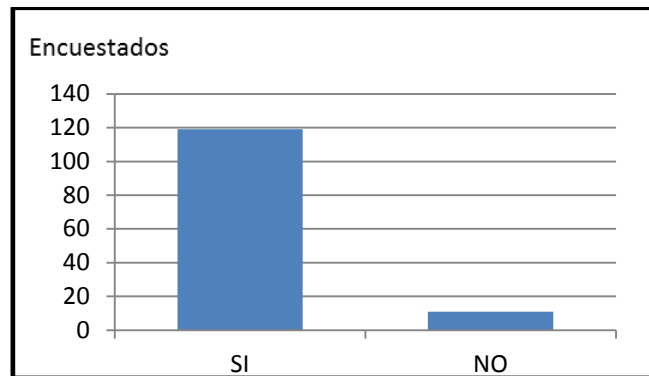


Figura 3.15 Respuesta pregunta 6

Solamente 11 personas admitió que no usa el elevador todos los días, esto nos demuestra que la mayoría de personas emplea el ascensor sin distinción del piso en el cual se encuentra la dependencia a la cual pertenece.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

4.1 Título

Diseño de un plan de ahorro energético para el edificio del SECOB, a fin de reducir el consumo de energía eléctrica.

4.2 Justificación

Una vez realizada una auditoría energética al sistema eléctrico del edificio del SECOB, con el propósito de determinar el estado del mismo, ha sido posible obtener los datos necesarios para indicar cuales son los aspectos que deben ser corregidos para mejorar el estado del sistema eléctrico del SECOB, los cuales serán analizados detalladamente en la presente propuesta.

4.3 Objetivo General

Diseñar un plan de ahorro energético para el edificio del SECOB.

4.4 Estructura de la propuesta

La propuesta trata los siguientes puntos:

- Reingeniería del sistema eléctrico del SECOB
- Cambio del sistema de iluminación
- Campaña de concientización sobre el consumo de energía a los funcionarios del SECOB.

4.5 Desarrollo de la propuesta

Reingeniería del sistema eléctrico del SECOB

Este punto de la propuesta está compuesto de dos partes:

- El estado físico del sistema eléctrico
- El desbalance de las cargas

El estado físico del sistema eléctrico

Las instalaciones eléctricas no son las adecuadas ya que se han realizado conexiones externas o en canaletas plásticas, lo cual no es aconsejable en términos de seguridad tanto para el personal como para los equipos electrónicos y eléctricos existentes.

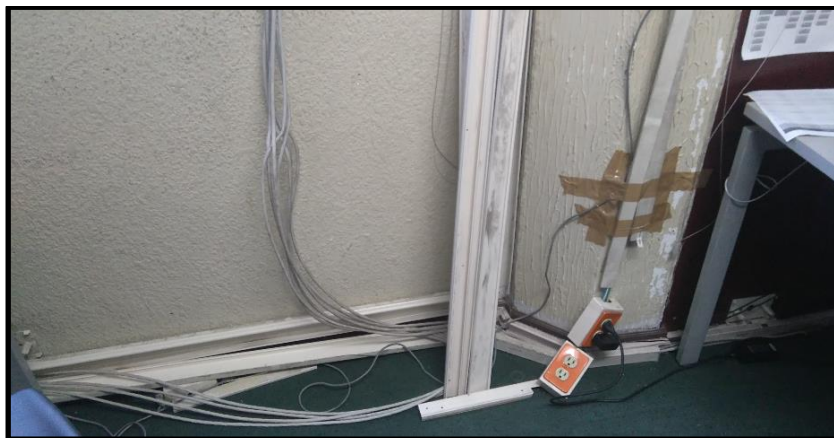


Figura 4.1 Estado sistema eléctrico del SECOB

Fuente: Investigador

El estado actual del sistema eléctrico en cada una de las dependencias, puede ocasionar incendios en el caso de producirse un corto circuito, inclusive el piso de las dependencias es alfombrado, lo cual favorecería la propagación de un incendio pudiendo provocarse pérdidas humanas y materiales.

Se recomienda realizar el cambio de dichas instalaciones por un cableado adecuado que cumpla con las normas de seguridad existentes.

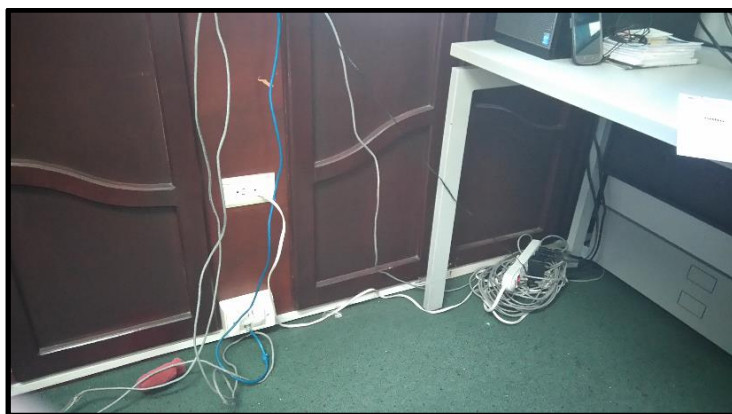


Figura 4.2 Conexiones externas sin planificación

Fuente: Investigador

Balance de las cargas

De los datos obtenidos en la tabla 3.9 del capítulo anterior, se determinó que las fases de los medidores se encuentran desbalanceadas, sobrepasando el 5% recomendable.

Pérdidas eléctricas en los cables

Con el fin de determinar las pérdidas ocasionadas en los conductores, se empleó la información proporcionada por el simulador ETAP.

De acuerdo a la tabla 3.13, el informe de pérdidas en los cables del sistema, al encontrarse este desbalanceado, las pérdidas ascienden a 0,6 kW.

A fin de calcular las pérdidas ocasionadas por el desbalance de las cargas durante el periodo de un año, se deberá obtener las horas equivalentes, empleando la ecuación número 1-3.

$$HE = \frac{\text{Energía total consumida en el periodo kWh}}{\text{Carga máxima kW}}$$

$$HE = \frac{381393 \text{ kWh}}{111,8 \text{ kW}}$$

$$HE = 3411 \text{ horas}$$

Para calcular las pérdidas de energía al año por concepto de pérdidas en los conductores se utilizará la siguiente fórmula:

Ecuación 4.1

$$E = 0,6 \text{ kW} * 3411 \text{ horas}$$

De donde se puede obtener que las pérdidas anuales en los conductores es igual a 2046 kWh.

De la misma forma se realizó la simulación con las cargas aproximadamente balanceadas, de donde el cuadro de pérdidas en los conductores obtenido es el siguiente:

Tabla 4.1 Pérdidas sistema balanceado

Medidor dependencia	Pérdidas (kW)
PB	0,0
MZNE	0,0
P1	0,0
P2	0,1
P3	0,0
P4	0,0
P5	0,0
P6	0,0
P7	0,0
P8	0,0
P9	0,0
P10	0,0
P11	0,0
P12	0,0
PH	0,0
ELEVADORES	0,0
ACOMETIDA TRIFÁSICA	0,0
CABLE MEDIDOR-TRANSFORMADOR	0,0
TRANSFORMADOR	0,1
TOTAL	0,2

Elaborado por: Autor

$$E = 0,2 \text{ kW} * 3411 \text{ horas}$$

De la tabla 4.1 y empleado el dato de horas equivalentes, se puede obtener que las pérdidas anuales en los conductores es igual a 682 kWh.

Ahorro energético

Tabla 4.2 Ahorro energético al balancear el sistema eléctrico

Pérdidas sistema desbalanceado	Pérdidas sistema balanceado	Reducción	Tarifa	Ahorro económico anual
2046 kWh	682 kWh	1364	0,08 ctvs	109 USD

Elaborado por: Autor

Como se puede apreciar en la tabla 4.2, el ahorro energético una vez realizado el balance de las cargas es de 1364 kWh, de acuerdo a los datos obtenidos en la simulación con el software ETAP.

Presupuesto para la reingeniería del sistema eléctrico del SECOB

A fin de realizar el presupuesto para la reingeniería del sistema eléctrico, se considerará los análisis de precios unitarios (APU), elaborados por el SECOB para los puntos de tomacorriente, los mismos que se detallan a continuación:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
PUNTO DE TOMA CORRIENTE (2X12+1X14) Y MANGUERA PVC, CON TOMA 5-15R				CODIGO:	303575
ESPECIFICACION:				UNIDAD:	pto
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	HORAS/U	COSTO
Herramienta menor	0,05000	11,70531	0,58527	1,00000	0,58527
SUBTOTAL M:					0,58527
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	HORAS/U	COSTO
Peon(Ayudante de electricista) E2	1,00000	3,41000	3,41000	1,33333	4,54666
Electricista (D2)	1,00000	3,45000	3,45000	1,33333	4,59999
Supervisor eléctrico general (B3)	0,10000	3,83000	0,38300	1,33333	0,51067
Ingeniero eléctrico (B1)	0,40000	3,84000	1,53600	1,33333	2,04799
SUBTOTAL N:					11,70531
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
Cable THHN AWG 12 (Unilay)	m	13,0000	0,54075	7,02975	
MANGUERA P/LUZ 1/2" REFORZADA POLIETILENO	m	6,0000	0,17510	1,05060	
TOMA CORRIENTE 2P+T 15A 125V nema 5-15R + PLACA OVALADA COOP CF	u	1,0000	2,94580	2,94580	
Caja rectangular profunda	u	1,0000	0,44290	0,44290	
Alambre galvanizado no. 18	kg	0,1500	1,33900	0,20085	
accesorios para punto: Alambre galvanizado, tornillos, tacos, abrazaderas, cir	u	0,5000	1,64800	0,82400	
Caja octogonal reforzada cal 24 grande + tapa	u	1,0000	0,92700	0,92700	
Abrazadera conduit EMT 1/2"	u	5,0000	0,17510	0,87550	
CINTA AISLANTE 20Y 3M TEMFLEX NEGRA/COLORES	rollo	0,2000	0,81370	0,16274	
Cable THHN AWG 14 (Unilay)	m	6,5000	0,37183	2,41690	
Conector conduit EMT 3/4"	u	2,0000	0,42230	0,84460	
SUBTOTAL O:				\$	17,72064
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					0,00000
TOTAL COSTO DIRECTO					30,01122
COSTO INDIRECTO 24,00%					7,20269
UTILIDADES 0,00%					0,00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					37,21000
VALOR PROPUESTO					37,21000

Figura 4.3 APU para puntos de tomacorriente

Fuente: SECOB

El costo para los puntos de tomacorriente es de 37,2 USD por unidad, en base al inventario de los sistemas realizado, se necesita hacer una reingeniería de aproximadamente 280 puntos de tomacorriente

Tabla 4.3 Presupuesto para la reingeniería del sistema eléctrico

Ord.	Concepto	Cantidad	Costo / u	Costo total
1	Puntos de tomacorriente	280	37,2	10416
TOTAL				10416

Elaborado por: Autor

Cambio de luminarias

Las mediciones realizadas de la iluminación existente con tubos fluorescentes en las diferentes dependencias nos ayuda a determinar que la iluminación existente es la adecuada para las actividades de oficina a realizarse en el SECOB, al momento se utilizan fluorescentes tipo 3x32W en la mayoría de las dependencias, se recomienda realizar el cambio por un tipo de luminarias tipo T5 led de 2x18W, las mismas que reducirían el consumo de energía, las características principales de las luminarias T5 led de 2x18W son las siguientes:

- Potencia nominal 2x18W
- Fuente luminosa LED
- Temperatura de color 4500k
- Flujo luminoso 18@ 1850 lm
- Vida útil 50.000 hrs
- No son frágiles.
- Se pueden adaptar a los actuales gabinetes
- La luz no parpadea
- No genera rayos UV
- No contiene mercurio

Para determinar la ubicación y la cantidad de las lámparas necesarias, considerando una iluminación de 300 lux para todas las áreas, lo cual es óptimo para las actividades a realizarse, se han empleado tres modelos de dependencia en el programa DIALUX 4.12, a fin de realizar la simulación correspondiente.

Simulación para la dependencia 1

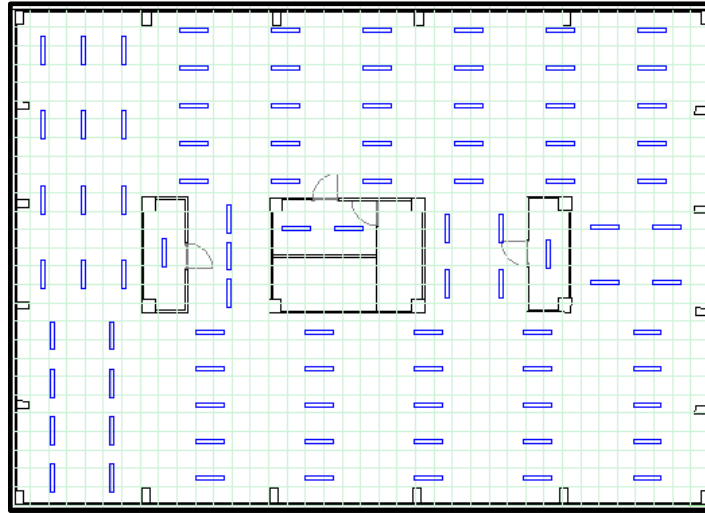


Figura 4.4 Simulación 1 en el programa DIALUX

Fuente: Investigador

Una vez realizada la simulación para la dependencia número uno de la figura 4.4, los resultados de las isóneas obtenidas es el siguiente:

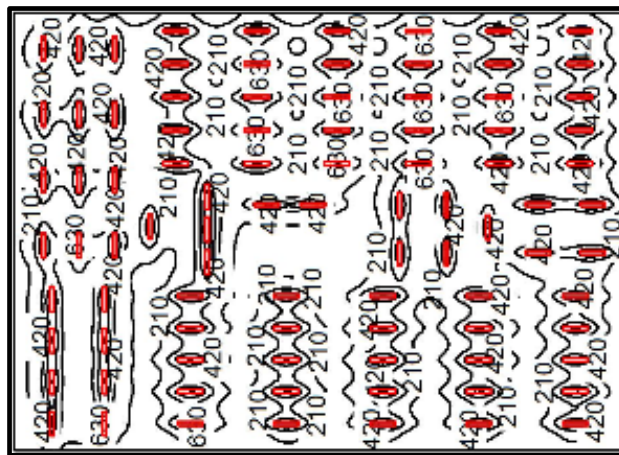


Figura 4.5 Isóneas de simulación 1

Fuete: simulación DIALUX

En la figura 4.5, se puede apreciar las isóneas resultantes de la simulación ejecutada en el software DIALUX, en las mismas, se puede apreciar que se cumple con la cantidad de luxes recomendable para un trabajo de oficina.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	344	44	1063	0.129
Suelo	20	337	70	766	0.209
Techo	70	65	33	80	0.511
Paredes (4)	50	101	39	355	/

Plano útil:
 Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	90	DIAL 12 Lichtband-Funktionseinheit mit extrem tiefstrahlendem Reflektor (1.000)	4435	5200	54.0
			Total: 399173	Total: 468000	4860.0

Valor de eficiencia energética: $4.69 \text{ W/m}^2 = 1.36 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 1036.32 m^2)

Figura 4.6 Cantidad de luminarias simulación 1

Fuente: Simulación DIALUX

De acuerdo a la simulación uno, el número de luminarias necesarias es de 90 por cada dependencia.

Simulación para la dependencia 2

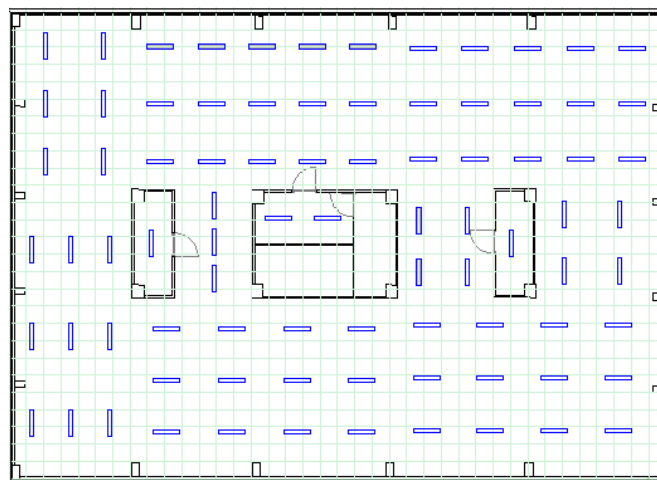


Figura 4.7 Simulación 2 en el programa DIALUX

Fuente: Investigador

Como resultado de la simulación 2, tenemos las isolíneas representadas en la siguiente figura:

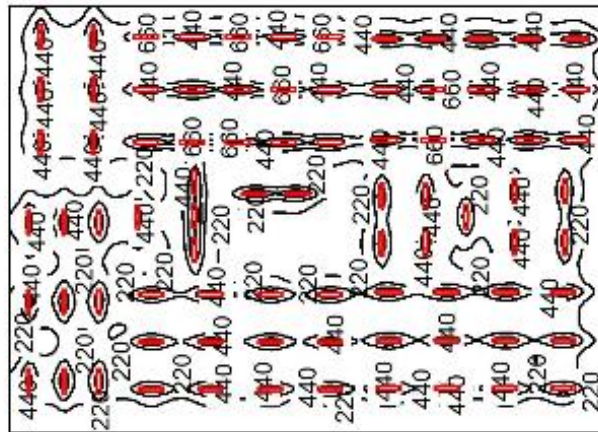


Figura 4.8 Isolineas de simulación 2

Fuente: Simulación DIALUX

En la figura 4.8, se puede apreciar las isocurvas resultantes de la simulación ejecutada en el software DIALUX, en las mismas, se puede apreciar que se cumple con la cantidad de luxes recomendable para un trabajo de oficina.

Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80			Valores en Lux, Escala 1:486		
Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	326	35	1127	0.107
Suelo	20	320	55	745	0.171
Techo	70	61	27	79	0.449
Paredes (4)	50	87	31	289	/

Plano útil:		
Altura:	0.850 m	
Trama:	128 x 128 Puntos	
Zona marginal:	0.000 m	

Lista de piezas - Luminarias					
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	84	DIAL 12 Lichtband-Funktionseinheit mit extrem tiefstrahlendem Reflektor (1.000)	4435	5200	54.0
			Total: 372562	Total: 436800	4536.0

Figura 4.9 Cantidad de luminarias simulación 2

Fuente: Simulación DIALUX

En la figura 4.9, nos indica que la cantidad de luminarias necesarias para la simulación dos, es de 84 luminarias por dependencia.

Simulación para la dependencia 3

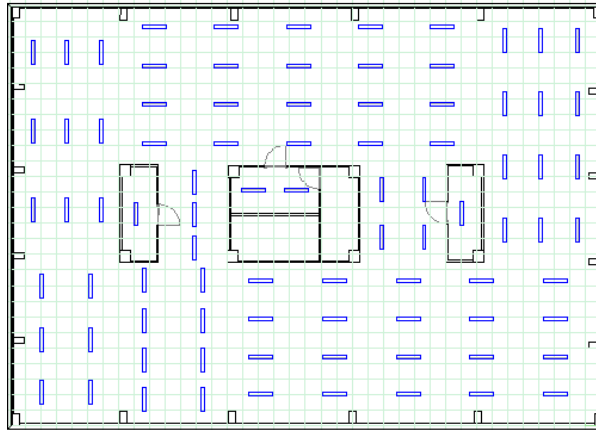


Figura 4.10 Simulación 3 en el programa DIALUX

Fuente: Investigador

Las isólinas resultantes para la simulación 3, se detallan en la siguiente figura:

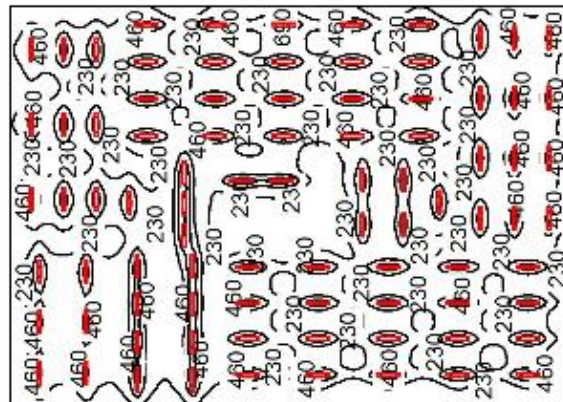


Figura 4.11 Isólinas de simulación 3

Fuente: Simulación DIALUX

Las isólinas resultantes nos demuestra que se cumple con la iluminación necesaria para las actividades que se desarrollan en una oficina.

Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80						Valores en Lux, Escala 1:487
Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	
Plano útil	/	334	48	1160	0.145	
Suelo	20	327	73	784	0.224	
Techo	70	63	31	79	0.493	
Paredes (4)	50	100	36	356	/	

Plano útil:
 Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	86	DIAL 12 Lichtband-Funktionseinheit mit extrem tiefstrahlendem Reflektor (1.000)	4435	5200	54.0
			Total: 381432	Total: 447200	4644.0

Valor de eficiencia energética: $4.56 \text{ W/m}^2 = 1.36 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 1019.51 m^2)

Figura 4.12 Cantidad de luminarias simulación 3

Fuente: Simulación DIALUX

En cuanto a la cantidad de luminarias necesarias para la simulación de la dependencia tres, esta asciende a 86 luminarias.

Cantidad de luminarias necesarias

De los datos obtenidos en las simulaciones, se determina que se necesitan 90 lámparas por cada piso para la simulación uno, 84 para la simulación dos y 86 luminarias para la simulación tres, para realizar el cálculo total de luminarias, se consideró el valor mas alto, es decir 90 luminarias para el cálculo respectivo. Por lo tanto el valor total de luminarias necesarias en el edificio del SECOB es de 1350 lámparas del tipo T5 de 2x18W.

Presupuesto para el cambio de luminarias

Para elaborar el presupuesto de cambio de luminarias, se empleará el APU elaborado por el SECOB para el efecto.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:					
LUMINARIA TIPO LED 2X18W			CODIGO: 303000		
ESPECIFICACION:			UNIDAD: u		
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	HORAS/U	COSTO
Herramienta menor	0,05000	7,02320	0,35116	1,00000	0,35116
SUBTOTAL M:					0,35116
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	HORAS/U	COSTO
Peon(Ayudante de electricista) E2	1,00000	3,41000	3,41000	0,80000	2,72800
Electricista (D2)	1,00000	3,45000	3,45000	0,80000	2,76000
Supervisor eléctrico general (B3)	0,10000	3,83000	0,38300	0,80000	0,30640
Ingeniero eléctrico (B1)	0,40000	3,84000	1,53600	0,80000	1,22880
SUBTOTAL N:					7,02320
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO	
LUMINARIA FLUORESCENTE 2X32W SELLADA IP-65 SOBREP	u	1.350,0000	25,41000	34.303,50000	
SUBTOTAL O:				\$ 34.303,50000	
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P:					0,00000
TOTAL COSTO DIRECTO					34.310,87436
COSTO INDIRECTO 24,00%					8.234,60985
UTILIDADES 0,00%					0,00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					42.545,48421
VALOR PROPUESTO					42.545,48421

Figura 4.13 APU para el cambio de luminarias

Fuente: SECOB

El costo total para el cambio de las 1232 luminarias asciende a 38827,5 USD.

Tabla 4.4 Presupuesto para el cambio de luminarias

Ord.	Concepto	Cantidad	Costo / u	Costo total
1	Luminarias LED T5 de 2x18W	1	42545,5	42545,5
TOTAL				42545,5

Elaborado por: Autor

Ahorro de energía con el cambio de luminarias

En capítulos anteriores se determinó el análisis de carga del edificio, de donde se determinó que el consumo de energía de las luminarias es de 33,705 kWh. En un año.

Realizando el mismo análisis en el apéndice A-11-D, para las luminarias led se determinó que el consumo de las mismas es de 11088 kWh al año.

Tabla 4.5 Ahorro de energía por cambio de luminarias

Consumo fluorescentes	Consumo luminarias LED	Reducción	Tarifa	Ahorro económico anual
33706 kWh	11088 kWh	22617	0,08 ctvs	1809,41

Elaborado por: Autor

Campaña de concientización sobre el consumo de energía a los funcionarios del SECOB.

De los datos obtenidos en la encuesta a los funcionarios del SECOB, se concluye que es necesaria una campaña de concientización al personal, orientada al uso racional y adecuado de la electricidad en todos los puestos de trabajo.

A continuación se detallan las acciones a ser desarrolladas en esta campaña de concientización:

Tabla 4.6 Medidas a aplicarse en la campaña de concientización

Ord.	Medida	Responsable	Costo
1	Socialización del Plan de ahorro energético	Dpto. Cambio institucional	0
2	Charlas de capacitación al personal de funcionarios del SECOB	Dpto. Cambio institucional	0
3	Configuración de las PC en modo ahorro de energía luego de 10 minutos de inactividad	Dpto TI	0
4	Poner el PC en modo ahorro de energía al momento de salir al almuerzo	Funcionarios	0
5	Apagar los PC al salir del trabajo	Funcionarios	0
6	Apagar las luces al salir de la oficina	Funcionarios	0
7	Aprovechar la luz solar durante el día y no utilizar las luminarias	Funcionarios	0
8	Utilización del ascensor a partir del cuarto piso en adelante, desde el primer piso hasta el piso tres se deberá utilizar las escaleras	Funcionarios	0

Elaborado por: Autor

Análisis económico de la propuesta

Para realizar el cálculo del TIR y el VAN, se considera el inminente peligro que existe de un incendio, ya que el estado físico del sistema eléctrico es propenso a que ocurra un incidente por la presencia de corto circuitos y al ser el piso de las dependencias alfombrado, una chispa podría provocar un flagelo, razón por la cual en el análisis económico se analiza el costo económico que ocasionaría un incendio en una de las dependencias, que afecte a 20 equipos informáticos en las oficinas, todo esto suponiendo que no existan heridos o pérdidas humanas.

Tabla 4.7 Pérdidas sufridas en caso de ocurrir incidente

Ord.	Especie	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Escritorio	20	560	11200
2	Silla	20	180	3600
3	Equipo de computo	20	1500	30000
4	Archivadores	20	300	6000
5	Materiales varios	20	100	2000
TOTAL				52800

Elaborado por: Autor

En el supuesto caso de ocurrir un incendio, las pérdidas económicas por pérdidas materiales será de 52800 USD.

Tabla 4.8 Presupuesto general la propuesta

PROPUESTA	PRESUPUESTO (USD)	AHORRO ANUAL (USD)
Reingeniería del sistema eléctrico	10416	52909
Cambio de luminarias	42545,5	1809,41
Total	52961,5	54718,41

Elaborado por: Autor

Cálculo del Valor actual neto (VAN) y la Taza interna de retorno (TIR)

Considerando una tasa de descuento del 5%, ya que no se espera obtener ninguna ganancia del proyecto y un tiempo de cinco años, por otra parte se ha considerado que en el año 3 de la proyección ocurre el incendio en las dependencias del SECOB, ante lo cual los datos obtenidos del TIR y el VAN son los siguientes:

TIR: 5,69%

VAN: 1049,49

Por lo tanto, al obtener un TIR de 5,69% y un VAN de 1049,49, se considera que el proyecto es económicamente viable en un plazo de cinco años, el detalle del cálculo del análisis financiero consta en el Anexo 5.

4.6 Evaluación socio-económico-ambiental de la propuesta

El estado actual del sistema eléctrico aumenta considerablemente la probabilidad de que se produzca un corto circuito y un consecuente incendio, lo que se busca al realizar la reingeniería del sistema eléctrico es reducir este riesgo que pone en peligro la vida de los funcionarios del SECOB, además de esto se reducirá el consumo de energía por concepto de pérdidas, por lo tanto su aplicación es imperativa, al reducirse el consumo de energía, se reduce también la emisión de CO₂ que contribuye al efecto invernadero en la atmósfera terrestre.

Por otra parte la campaña de concientización al personal de funcionarios del SECOB si bien es cierto no se puede cuantificar su impacto en el ahorro energético y económico es muy importante realizarla ya que se pretende dar un uso adecuado y consciente de la energía que consumimos.

CONCLUSIONES GENERALES

- El sistema eléctrico del SECOB se encuentra en muy mal estado, pues se han realizado instalaciones imprevistas, no planificadas, sin tomar en cuenta las fases a las cuales se han conectado, esto ha producido que el sistema eléctrico presente un desbalance de las cargas en todos los medidores existentes en el edificio.
- No existe un diagrama unifilar del sistema eléctrico que facilite el estudio más detallado de cada una de las dependencias, esto se debe a la improvisación con que se han realizado las instalaciones, dicha información debe ser levantada durante la realización de la reingeniería del sistema eléctrico.
- De acuerdo a la información obtenida en la simulación en el software ETAP, el transformador del sistema eléctrico se encuentra funcionando al 29,3% de su capacidad nominal, por lo tanto no se encuentra sobrecargado.
- Una vez realizada la simulación del sistema eléctrico en el software ETAP, se determinó que existen pérdidas en los conductores, las cuales se reducen en 1364 kWh al año al realizar la simulación con cargas balanceadas.
- Ninguno de los cables de las diferentes dependencias que van desde el tablero de medidores hacia los pisos, se encuentran trabajando a un porcentaje superior al 31,6% de su capacidad nominal, por lo tanto no se presentan problemas en los mismos.
- Se puede realizar el cambio de luminarias tipo fluorescente que existen al momento en el edificio del SECOB por luminarias tipo led T5 de 2X18 W, sin afectar el confort en cuanto a la iluminación adecuada en las estaciones de trabajo de los funcionarios, dicho cambio reduce el consumo de energía en las diferentes dependencias.
- Se ha planteado un plan de acción con actividades que deben desarrollarse con el propósito de incrementar la eficiencia del sistema eléctrico y reducir el consumo de energía eléctrica en todas las dependencias del SECOB.

- Al realizar el análisis económico de la propuesta, con un tasa de descuento del 5% y un plazo de cinco años, se obtuvo resultados del TIR y el VAN que indican que la propuesta es económicamente viable.

RECOMENDACIONES

- En el departamento de cambio organizacional debe existir una sección encargada de la eficiencia energética de la institución.
- Las charlas de concientización deben realizarse periódicamente y el personal de funcionarios deben ser organizados por grupos para que el funcionamiento de la institución no se vea afectado.
- En caso de que sea necesario el incremento de puntos para la instalación de nuevos equipos, dicha actividad debe ser realizada por personal capacitado y conocedor del sistema eléctrico del edificio.
- El personal de seguridad en la noche debe verificar si funcionarios se encuentra trabajando en las diferentes dependencias y apagar las luces de las dependencias que no están siendo utilizadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARCONEL. (2016). TARIFAS ELECTRICAS. QUITO.
2. Bayas, B. r. (2009). La tarifa horaria en el Ecuador como incentivo de eficiencia energetica. *Revsita politecnica*, 53-68.
3. CIFP. (2006). CIFP. Recuperado el 2017, de www.cifp.mantenimiento.es
4. CORPHECOLINE. (02 de 2003). CORPHECOLINE. Obtenido de www.corphecoline.com
5. Circuitos electrónicos.org. (2015). Circuitos electrónicos.org. Recuperado el 06 de enero de 2017
6. Circutor S.A. (2007). Guía técnica de Eficiencia Energética Eléctrica. Madrid: Circutor.
7. Di Mauro, S. A. (2013). Pérdidas Joule en alimentadores que transportan corrientes armónicas en baja tensión.
8. OLADE. (2010). Manual de evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales. OLADE, 160-168.
9. EARTHTECH. (2011). Procedimiento para medición de iluminación en el ambiente de trabajo. QUITO: EARTHTECH.
10. Ecuador, M. d. (2001). Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. Quito.
11. FLUKE. (s.f.). fluke.com. Obtenido de fluke.
12. OLADE. (2011). Consumo energetico. Quito.
13. FREMAP. (2015). Recomendaciones básicas sobre iluminación. FREMAP, 1-4.
14. HIRU. (2008). Energía eléctrica y efecto Joule.
15. Perez Alvarez, B. L. (2008). Eficiencia energetica de edificios. En B. L. Perez Alvarez, Eficiencia energetica de edificios.
16. ISO 50001, N. (2011). NORMA ISO 50001. ISO.

17. León, J. d. (2009). Manual de procedimientos para la realización de auditorías energéticas en edificios. León: Sorles.
18. PROFESIONAL, C. I. (2011). Introducción a los sistemas trifásicos MSP.
19. FERNANDEZ FICA S.A. (2012). Perturbaciones eléctricas. Santiago: Fernandez Fica.
20. NASA. (2008).NASA. Recuperado el 10 de 05 de 2017, de www.mdsc.nasa.gov
21. PROFESIONAL, C. I. (2011). INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS TRIFÁSICOS. *MSP*.
22. Apuntes científicos. (2011). Apuntes científicos. Recuperado el 16 de 09 de 2017, de www.apuntescientificos.org
- 23.- Castaño, S. R. (2009). Redes de distribución de energía. Manizales.
- 24.- CONELEC. (2001). Calidad del servicio eléctrico de distribución. Quito.
25. ELREN. (2007). www.elren.net. Obtenido de ISBN: 978-0-9546561-2-6
26. Enforce. (2007). Enforce. Obtenido de <http://www.enforce-eeu.eu/esp/proyecto/el-proyecto-enforce/>
27. Galeon. (2009). Energia.
28. SEMPLADES. (2013). Plan del buen vivir.
29. Solingesa. (2016). Realizacion de auditorias energeticas. Cumplimiento al R.D. 56, norma UNE EN 16247.
30. Spectrum. (2000). Catalogo general de lamparas. General electric lighting.
31. Spitta, Gunter. (2001). Instalaciones Electricas Tomo I. SEIP.

ANEXOS

ANEXO 1: Ficha para recopilación de observación

					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI					
DIRECCIÓN DE POSGRADOS					
Maestría Gestión de energías					
Servicio de Contratación de Obras (SECOB)					
Ubicación			Cisterna		
Hora inicio		Hora final		Inspección	1 de 1
Instrumentos				Cámara fotográfica	
Fecha de ejecución			Revisado por	Ing.	
Contenidos: Imágenes					
Comentario					

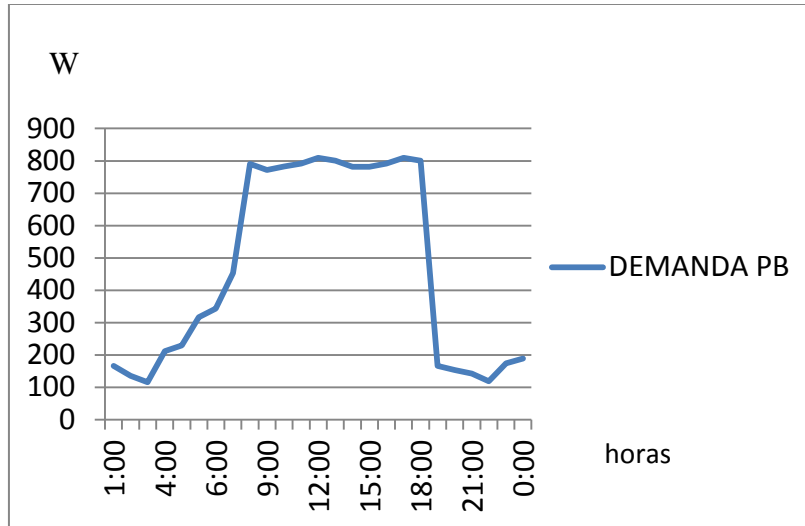
ANEXO 2: Consumo por pisos

	65079	65100	65099	65077	65078	65083	64520	65084
MES	PB	MZNE	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ENERO	318	1537	1414	1771	1538	1828	1679	1775
FEBRERO	215	1668	1369	1681	1596	1823	1790	2007
MARZO	472	1549	1304	1550	1516	1885	1653	1733
ABRIL	461	1627	1515	1763	1717	2089	1808	1922
MAYO	433	1740	1412	1486	1807	2128	1767	1888
JUNIO	489	1606	1461	1574	1824	2196	1665	1931
JULIO	526	1589	1530	1654	1753	2213	1703	1557
AGOSTO	509	1770	1385	1735	1952	2381	1631	1589
SEPTIEMBRE	468	1406	1288	1483	1793	2101	1459	1505
OCTUBRE	417	1621	1249	1545	1825	2187	1531	1555
NOVIEMBRE	467	1617	1264	1283	1703	2020	1334	1375
DICIEMBRE	479	1640	1184	1372	1810	2187	1335	1303

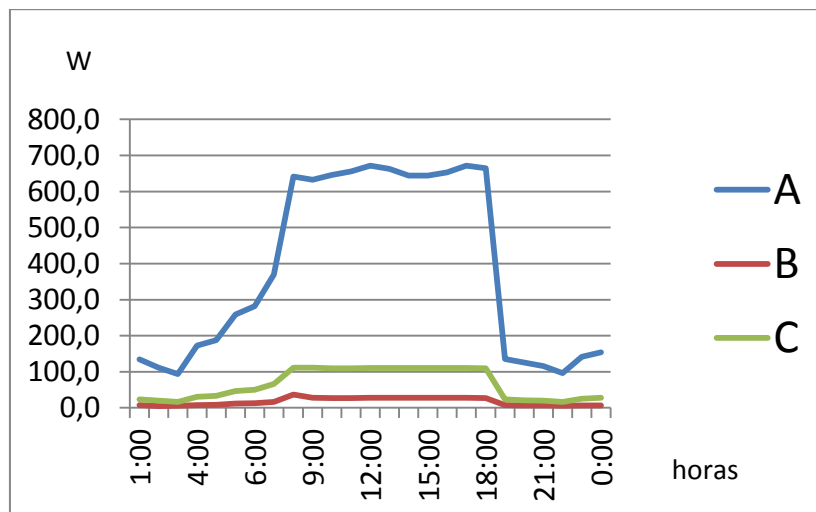
65082	64517	65081	65098	65097	67553
P7	P8	P9	P10	P11	P12
1138	1545	1457	1382	1587	1385
1180	1679	1574	1629	1507	1656
1106	1482	1340	1431	1328	1462
1258	1568	1725	1611	1621	1608
1232	1567	1435	1617	1569	1621
1322	1447	1521	1613	1507	1524
1317	1386	1558	1678	1432	1536
1474	1387	1345	1821	1587	1404
1251	1341	1223	1661	1594	1527
1239	1252	1326	1420	1702	1638
1215	964	1529	1265	1459	1501
1303	1060	1631	1232	1390	1523

ANEXO 3: Demanda diaria, curva de carga diaria y cálculo desbalance de cada medidor

Medidor Planta baja (PB)



Curva de carga diaria medidor PB

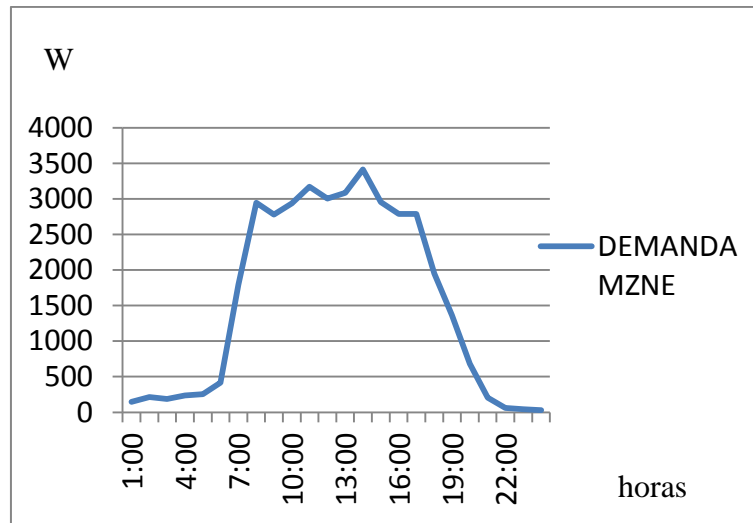


Desbalance medidor PB

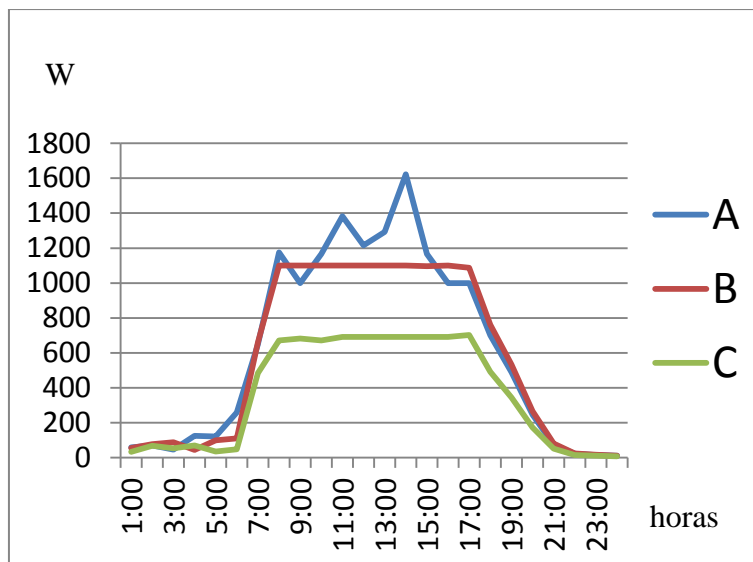
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{610,1 - 26,7}{610,1} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 95,6%

Medidor Mezannine (MZNE)



Curva de carga diaria medidor MZNE

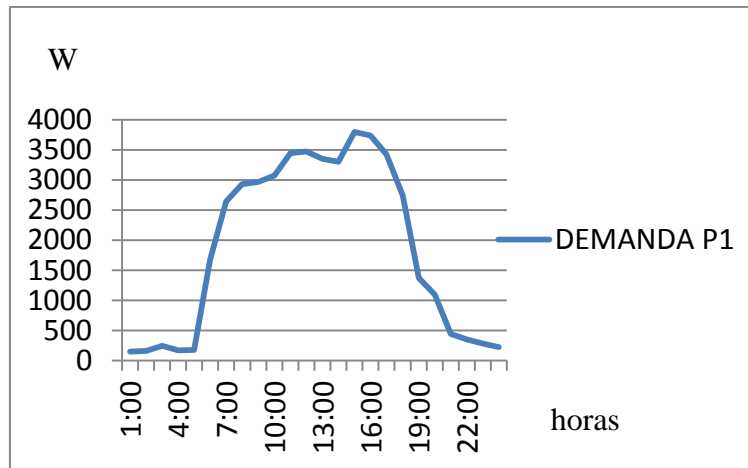


Desbalance medidor MZNE

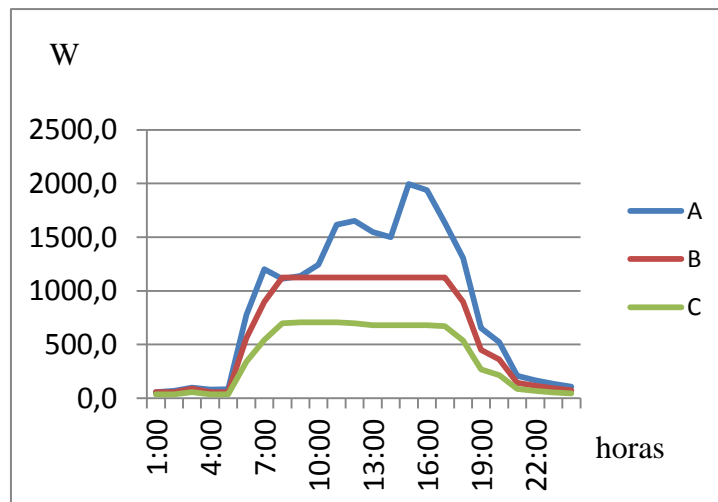
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1100,9 - 642,7}{1100,9} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 41,6%

Medidor Piso 1(P1)



Curva de carga diaria medidor P1

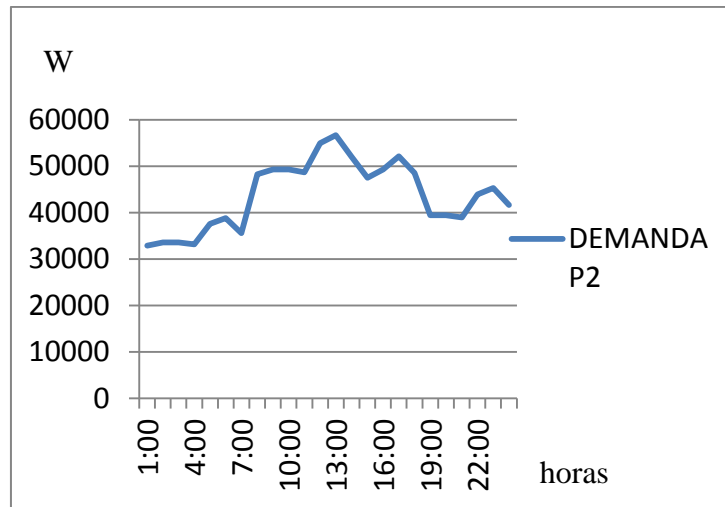


Desbalance medidor P1

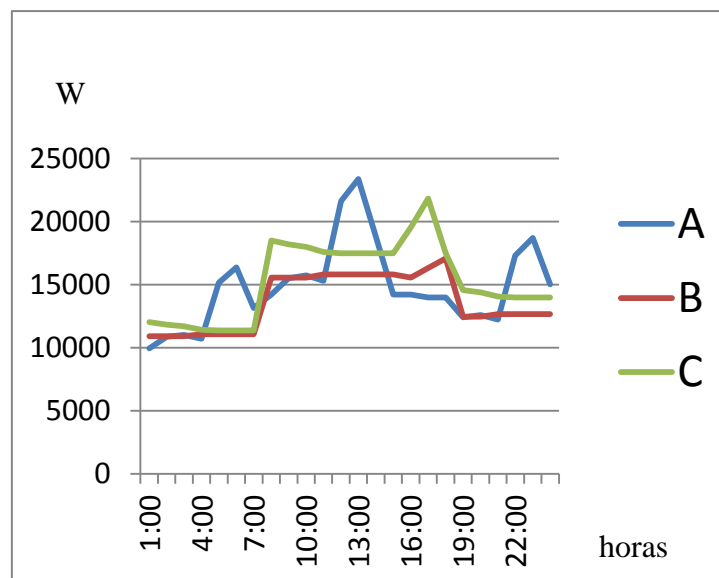
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1445,1 - 642}{1445,1} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 55,6%

Medidor Piso 2(P2)



Curva de carga diaria medidor P2

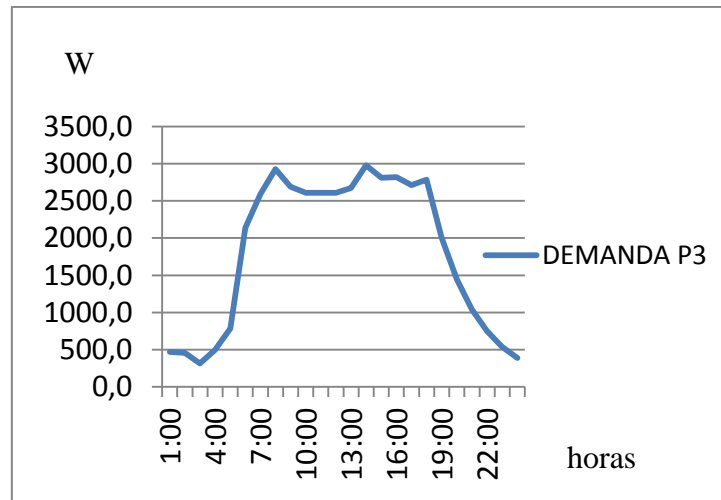


Desbalance medidor P2

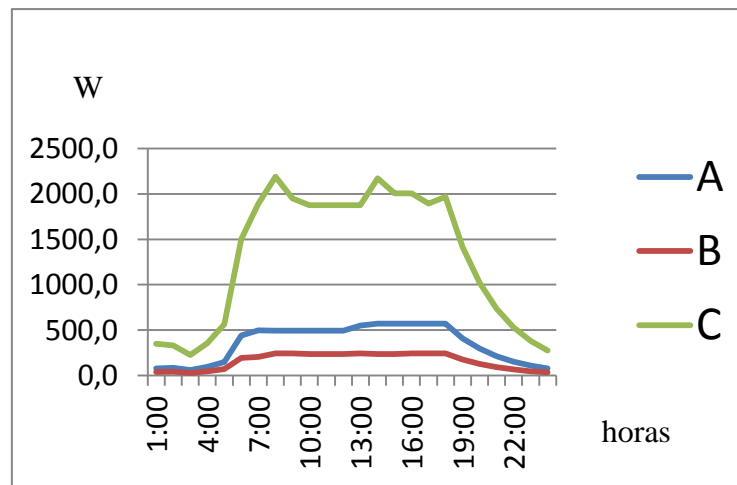
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{17964 - 15601,7}{17964} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 13,2%

Medidor Piso 3(P3)



Curva de carga diaria medidor P3

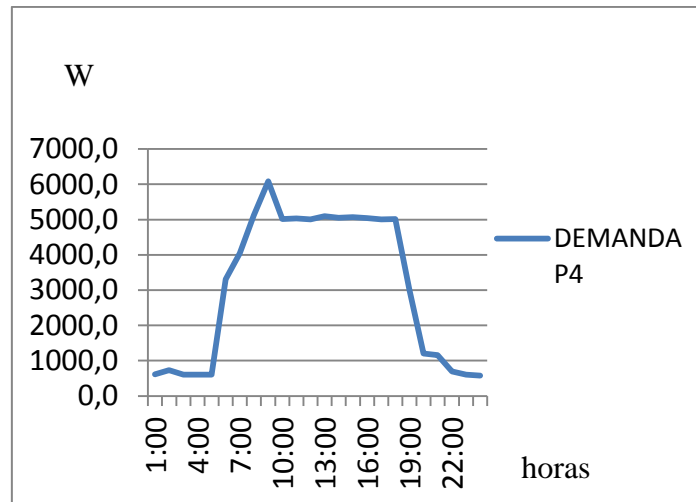


Desbalance medidor P3

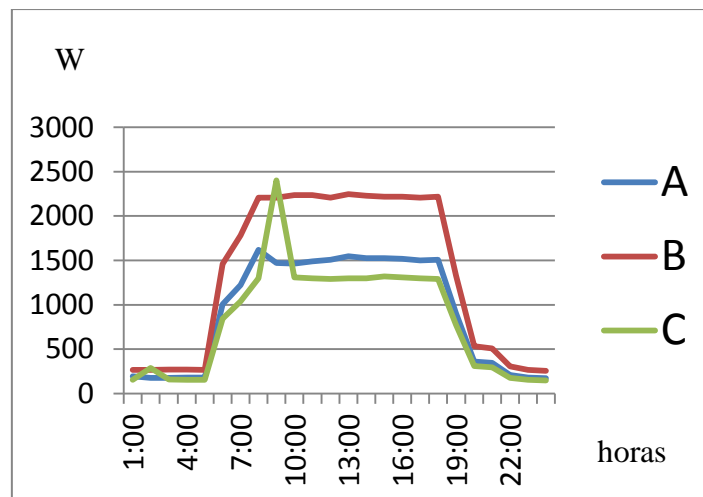
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1925,9 - 224,8}{1925,9} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 87,8%

Medidor Piso 4(P4)



Curva de carga diaria medidor P4

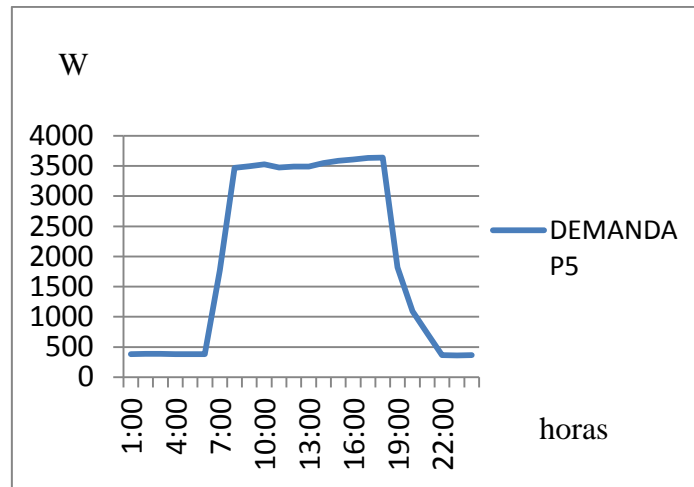


Desbalance medidor P4

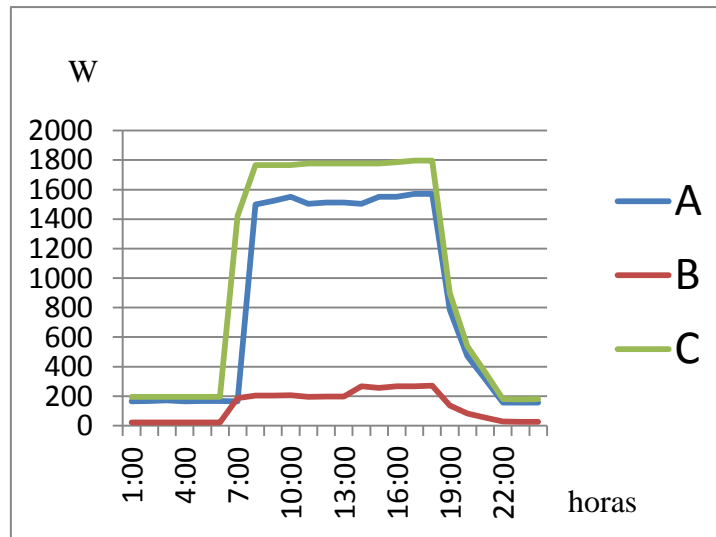
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{2147 - 1349,6}{2147} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 37,1%

Medidor Piso 5(P5)



Curva de carga diaria medidor P5

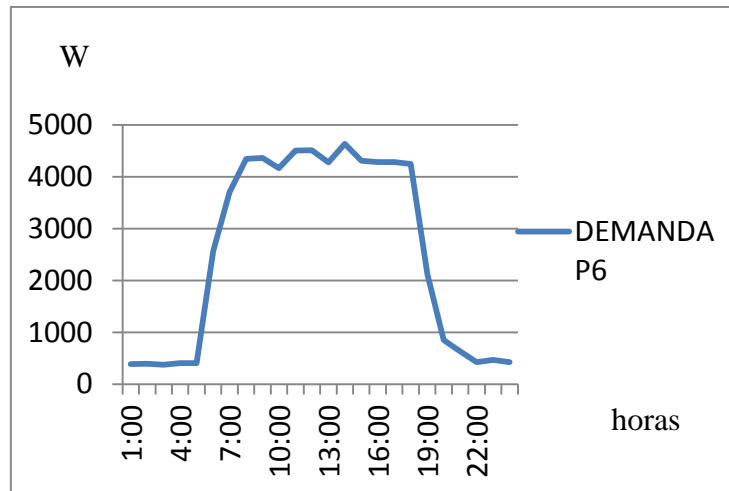


Desbalance medidor P5

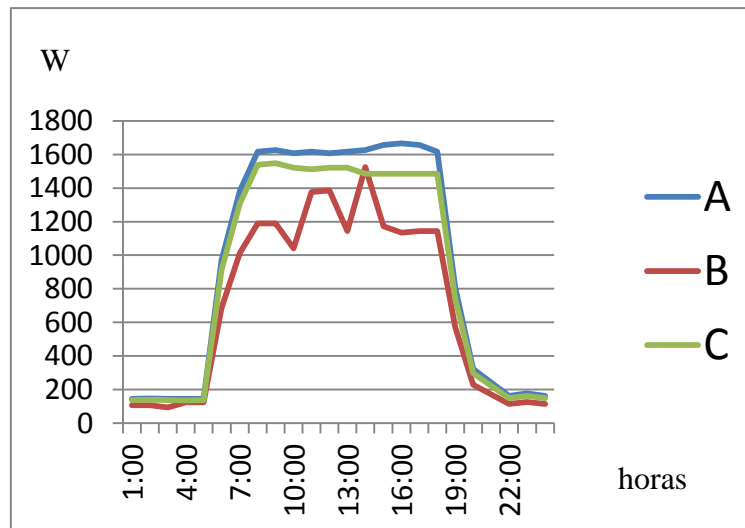
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1704,9 - 222,4}{1704,9} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 86,9%

Medidor Piso 6(P6)



Curva de carga diaria medidor P6

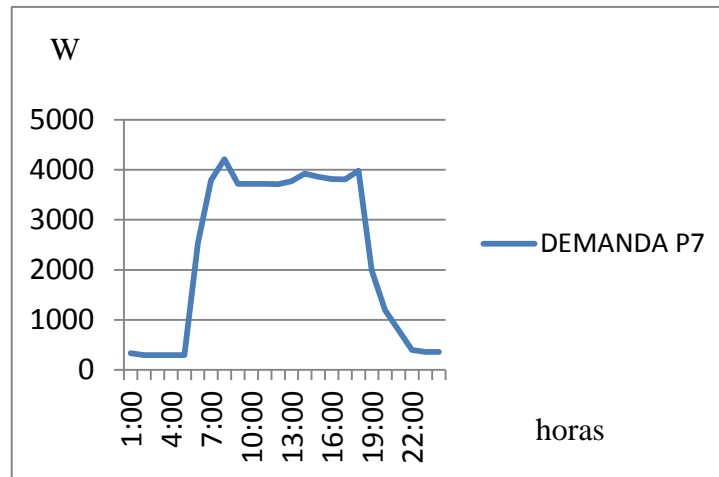


Desbalance medidor P6

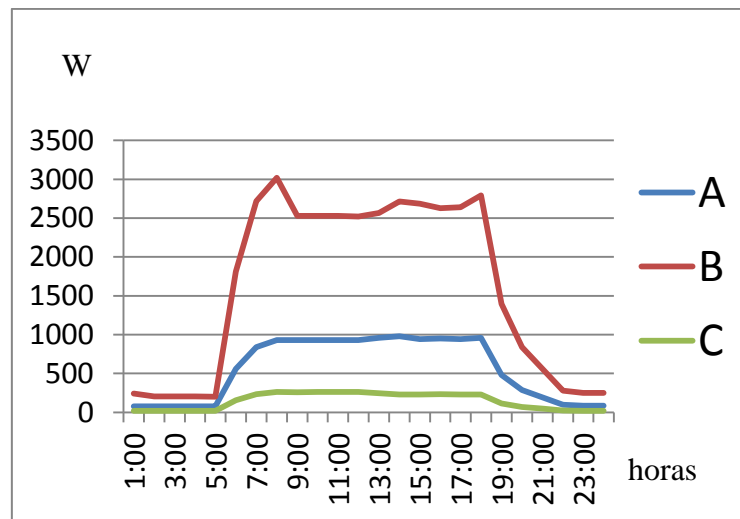
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1560,2 - 1168,3}{1560,2} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 25,1%

Medidor Piso 7(P7)



Curva de carga diaria medidor P7

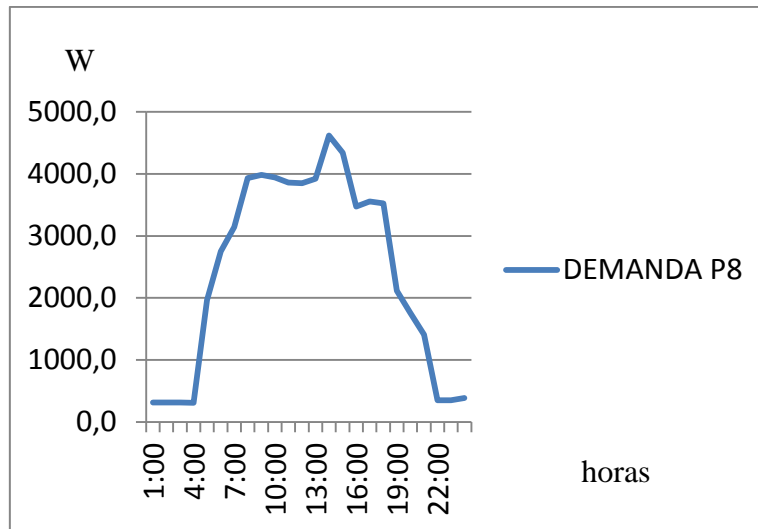


Desbalance medidor P7

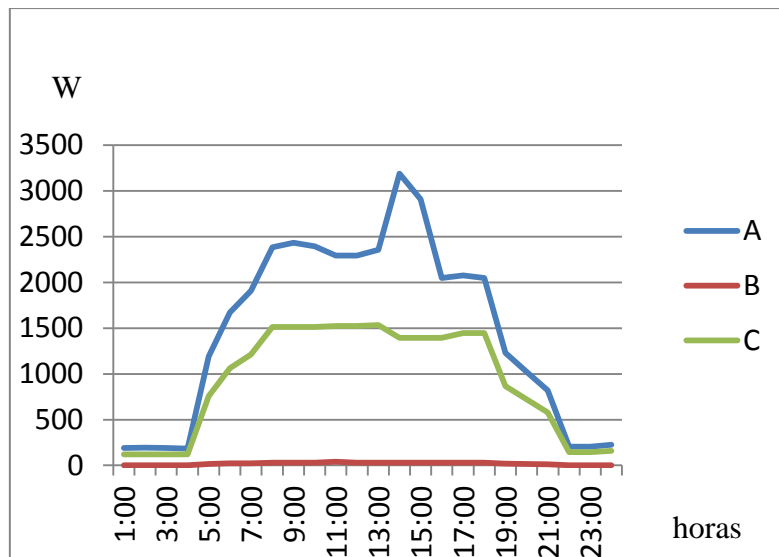
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{2546,1 - 234}{2546,1} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 90,8%

Medidor Piso 8(P8)



Curva de carga diaria medidor P8

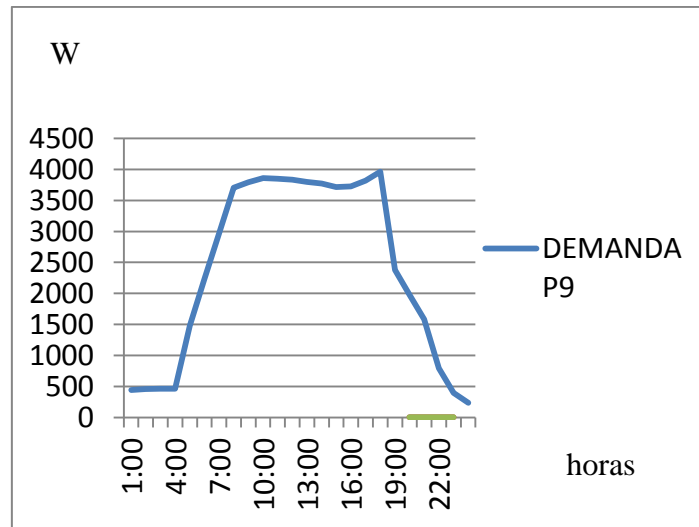


Desbalance medidor P8

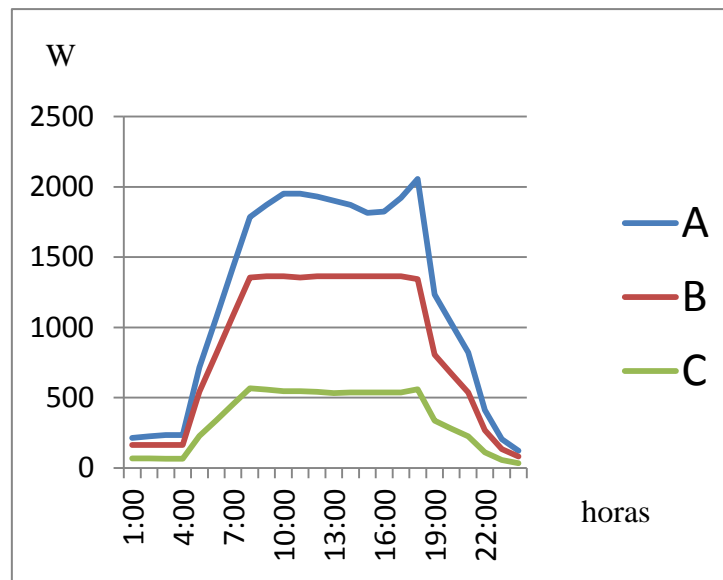
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{2305,3 - 29,5}{2305,3} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 98,7%

Medidor Piso 9(P9)



Curva de carga diaria medidor P9

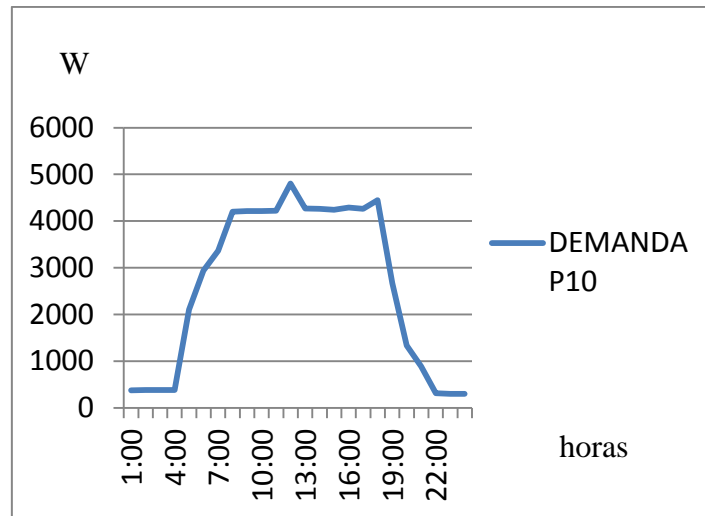


Desbalance medidor P9

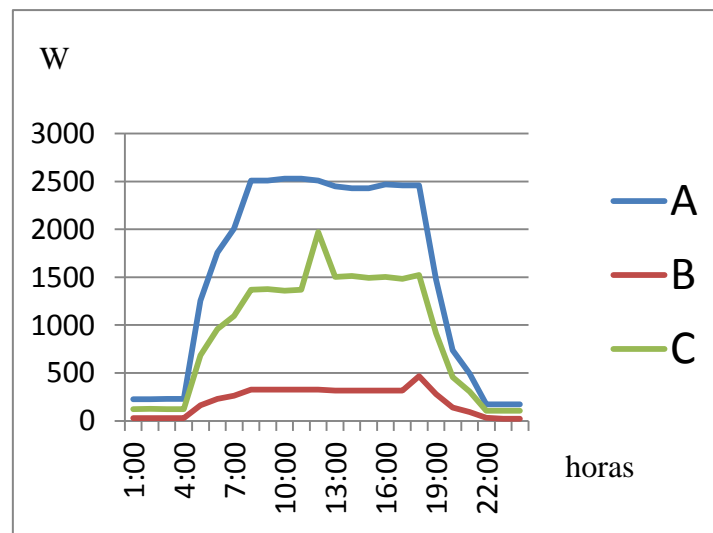
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1842,5 - 528,2}{1842,5} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 71,3%

Medidor Piso 10(P10)



Curva de carga diaria medidor P10

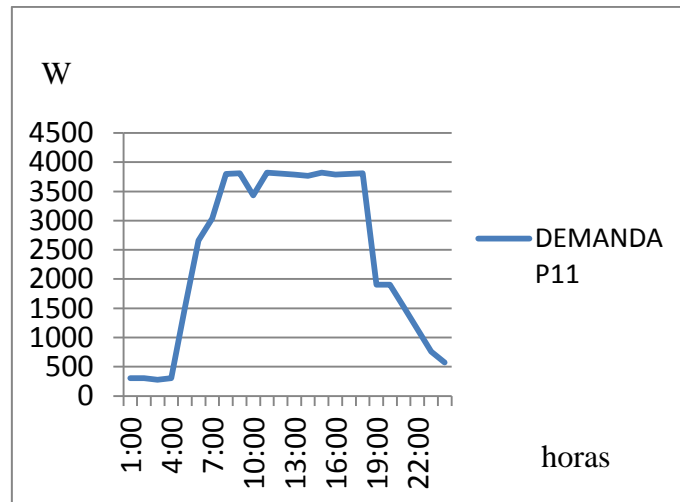


Desbalance medidor P10

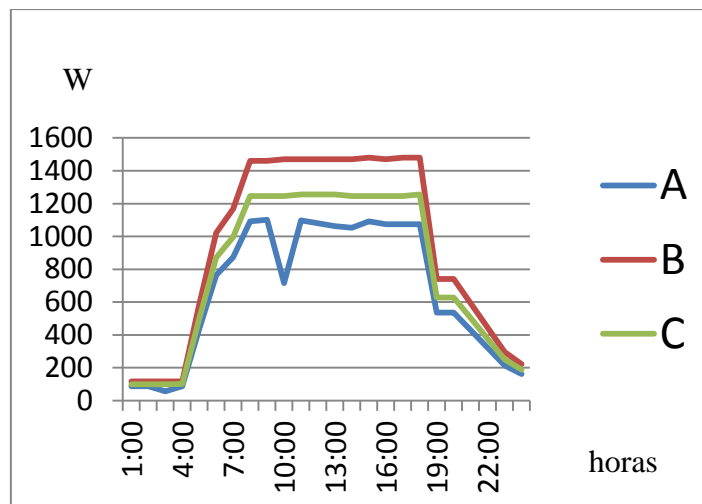
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{2396,6 - 330,1}{2396,6} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 86,2%

Medidor Piso 11(P11)



Curva de carga diaria medidor P11

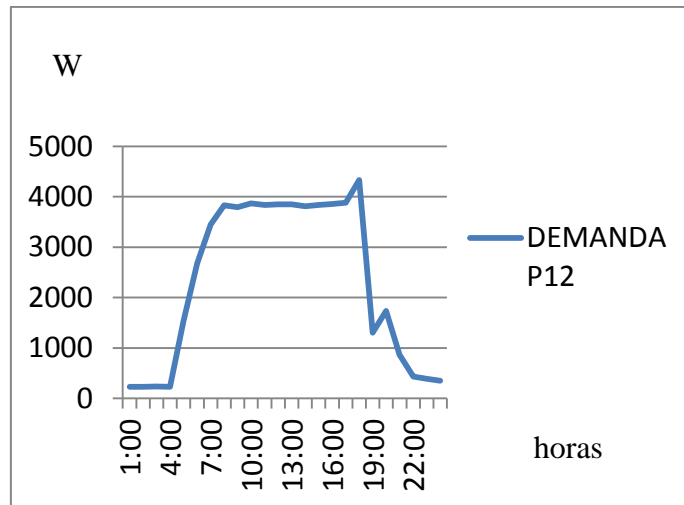


Desbalance medidor P11

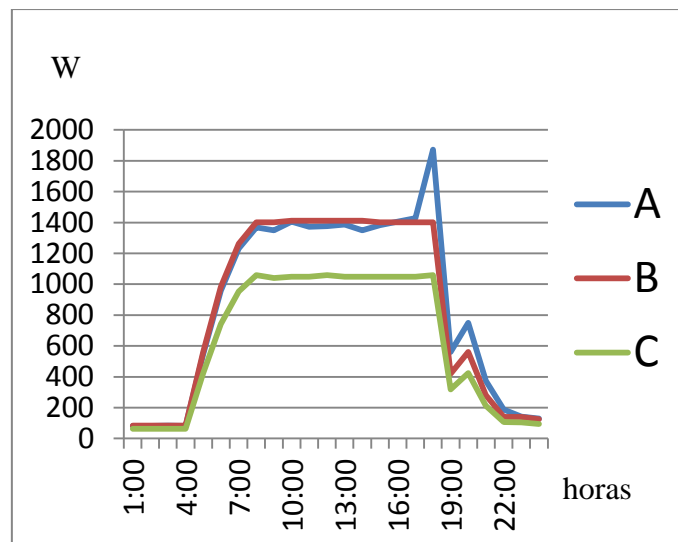
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1410 - 1004,5}{1410} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 28,8%

Medidor Piso 12(P12)



Curva de carga diaria medidor P12

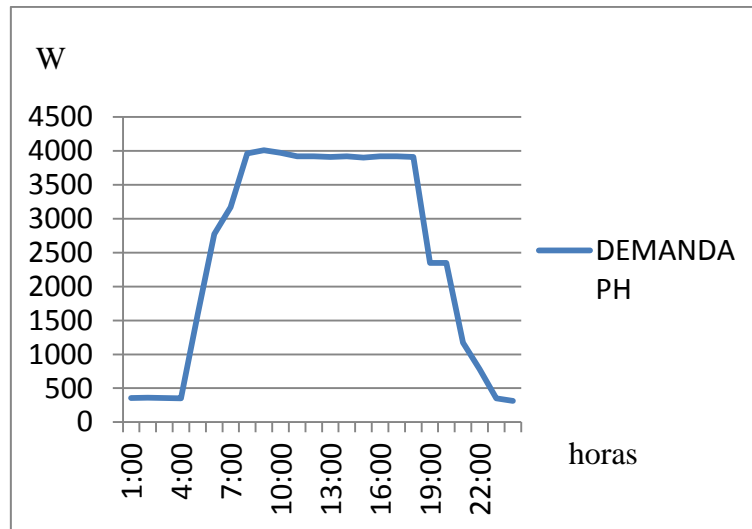


Desbalance medidor P12

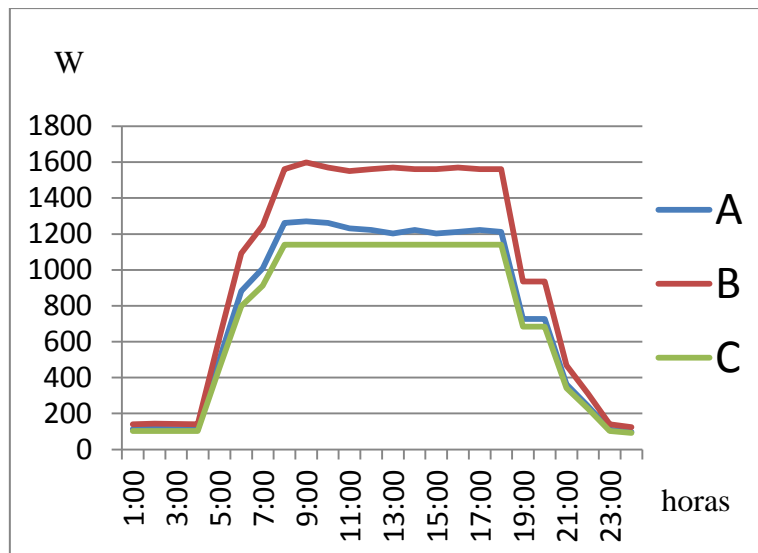
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1354,7 - 990,1}{1354,7} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 26,9%

Medidor (PH)



Curva de carga diaria medidor PH

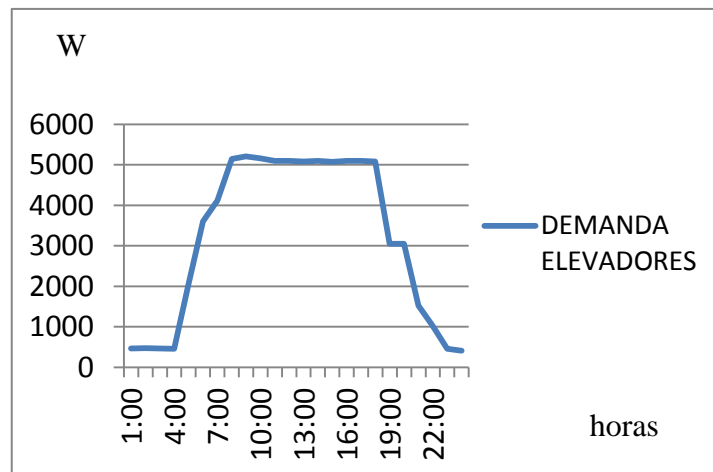


Desbalance medidor PH

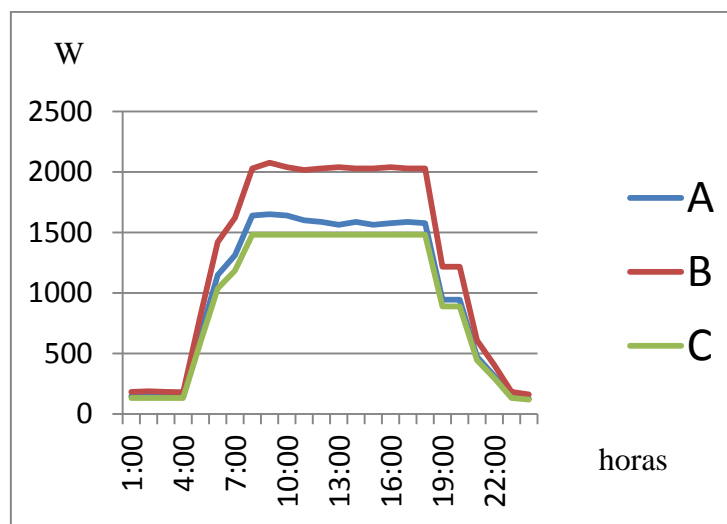
$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1513,1 - 1102}{1513,1} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 27,2%

Medidor ELEVADORES



Curva de carga diaria medidor ELEVADORES



Desbalance medidor ELEVADORES

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{1967 - 1432,6}{1967} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 27,1%

ANEXO 4: Simulación del sistema eléctrico del SECOB con el programa ETAP.

Flujo de carga de medidores

ID	FASE	MW	MVAR	Amp	FP
PB	A	0,001	0,000	5,9	91,0
	B	0,000	0,000	0,3	92,0
	C	0,000	0,000	1,0	93,0
	N			5,2	
MZNE	A	0,001	0,000	6,8	93,0
	B	0,001	0,000	4,2	96,0
	C	0,002	0,001	13,6	97,0
	N			11,2	
P1	A	0,001	0,001	10,3	91,0
	B	0,001	0,000	9,3	93,0
	C	0,001	0,000	7,1	93,0
	N			3,2	
P2	A	0,010	0,002	77,4	97,9
	B	0,008	0,003	67,6	93,0
	C	0,009	0,003	75,3	96,0
	N			16,2	
P3	A	0,001	0,000	4,7	93,0
	B	0,000	0,000	2,1	98,0
	C	0,002	0,001	16,9	93,0
	N			13,4	
P4	A	0,001	0,000	11,5	97,0
	B	0,000	0,000	4,6	91,0

	C	0,002	0,001	12,1	95,0
	N			10,9	
P5	A	0,002	0,000	13,4	97,0
	B	0,000	0,000	2,7	88,0
	C	0,002	0,001	13,3	95,0
	N			11,6	
P6	A	0,002	0,000	13,9	98,0
	B	0,001	0,001	10,3	90,0
	C	0,002	0,001	13,9	90,0
	N			6,7	
P7	A	0,001	0,000	8,2	97,0
	B	0,003	0,001	23,5	98,0
	C	0,001	0,000	5,0	87,0
	N			16,4	
P8	A	0,002	0,000	19,0	97,9
	B	0,000	0,000	0,3	90,0
	C	0,001	0,000	11,7	99,0
	N			15,5	
P9	A	0,002	0,000	15,9	97,0
	B	0,001	0,001	11,6	94,0
	C	0,001	0,000	6,0	95,0
	N			7,6	
P10	A	0,003	0,001	21,1	97,9
	B	0,000	0,000	2,9	96,0
	C	0,002	0,000	12,4	97,0
	N			16,2	

P11	A	0,001	0,000	7,2	93,0
	B	0,002	0,000	12,3	97,0
	C	0,001	0,001	11,1	93,0
	N			3,5	
P12	A	0,002	0,001	13,4	95,0
	B	0,001	0,000	12,1	96,0
	C	0,001	0,000	8,6	99,0
	N			4,7	
PH	A	0,001	0,000	11,7	97,0
	B	0,002	0,001	14,0	94,0
	C	0,001	0,000	9,9	95,0
	N			2,6	
ELEVADORES	A	0,001	0,000	14,8	97,0
	B	0,002	0,001	14,1	94,0
	C	0,001	0,000	13,9	95,0
	N			1,9	

Capacidad eléctrica de los cables

CIRCUITO / RAMA				CABLE / REACTOR			
ID	CON	TIPO	FASE	AMPERISIDA		%	FP
PBE	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	5,91	9,61	0,92
			B	138,93	6,31	8,72	0,92
			C	138,93	1,02	6,17	0,93
MZNE	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	10,12	9,61	0,98
			B	138,93	9,88	8,72	0,93
			C	138,93	6,65	6,17	0,96
P1	TRIFÁSICO	CABLE	A	91,38	10,26	11,23	0,91
			B	91,38	9,31	10,19	0,93
			C	91,38	7,11	7,78	0,93
			A	91,38	77,35	84,65	0,98

P2	TRIFÁSICO	CABLE	B	91,38	67,56	73,94	0,93
			C	91,38	75,32	82,42	0,96
P3	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	4,75	3,42	0,93
			B	138,93	2,11	1,52	0,98
			C	138,93	16,88	12,15	0,93
P4	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	13,80	9,93	0,91
			B	138,93	19,05	13,71	0,99
			C	138,93	11,27	8,11	0,97
P5	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	13,40	9,65	0,97
			B	138,93	2,66	1,91	0,90
			C	138,93	13,29	9,57	0,95
P6	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	13,87	9,98	0,98
			B	138,93	10,28	7,40	0,90
			C	138,93	13,94	10,03	0,90
P7	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	8,24	5,93	0,97
			B	138,93	23,46	16,89	0,90
			C	138,93	5,00	3,60	0,95
P8	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	18,98	13,66	0,89
			B	138,93	0,31	0,22	0,90
			C	138,93	11,66	8,39	0,99
P9	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	15,85	11,41	0,97
			B	138,93	11,56	8,32	0,94
			C	138,93	6,02	4,33	0,95
P10	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	21,12	15,20	0,98
			B	138,93	2,93	2,11	0,96
			C	138,93	12,42	8,94	0,97
P11	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	7,19	5,18	0,93
			B	138,93	12,30	8,85	0,97
			C	138,93	11,13	8,01	0,93
P12	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	13,35	9,61	0,95
			B	138,93	12,11	8,72	0,96
			C	138,93	8,57	6,17	0,99
PH	TRIFÁSICO	CABLE	A	138,93	11,70	8,42	0,97
			B	138,93	14,01	10,09	0,94
			C	138,93	9,92	7,14	0,95
ELEVAD RES	TRIFÁSICO	CABLE	A	196,13	13,27	6,77	0,99
			B	196,13	14,22	7,25	0,98
			C	196,13	13,90	7,08	0,99

Elaborado por: Simulador ETAP

Informe pérdidas en los cables con sistema desbalanceado

Circuito/Rama		Flujo Origen-Destin		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		%Tensión		
ID	Fase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	Origen	Destino	%Caída
Cable P4	A	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,6	99,4	0,2
	B	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,6	99,4	0,2
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,7	99,6	0,0
Cable ELEVADORE	A	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,6	99,6	0,0
	B	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,6	99,6	0,0
	C	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,7	99,7	0,0
Cable Mezzanine	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,3	0,3
	B	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,4	0,3
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,7	99,6	0,1
Cable P1	A	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	99,6	99,4	0,1
	B	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,5	0,1
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,7	99,6	0,1
Cable P2	A	0,010	0,002	-0,010	-0,002	0,1	0,1	99,6	98,7	0,9
	B	0,008	0,003	-0,008	-0,003	0,1	0,0	99,6	98,9	0,7
	C	0,009	0,003	-0,009	-0,003	0,1	0,0	99,7	98,7	1,0
Cable P3	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,6	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,6	0,0
	C	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,7	99,4	0,3
Cable P5	A	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,6	99,4	0,2
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,7	0,1
	C	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,7	99,5	0,2
Cable P6	A	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,6	99,4	0,2
	B	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	99,6	99,5	0,1
	C	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,7	99,5	0,2
Cable P7	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,5	0,1
	B	0,003	0,001	-0,003	-0,001	0,0	0,0	99,6	99,2	0,4
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,7	99,8	0,1
Cable P8	A	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,6	99,2	0,3
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,8	0,1
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,7	99,5	0,2
Cable P9	A	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,6	99,3	0,3
	B	0,001	0,001	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,5	0,2
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,7	99,7	0,0
Cable P10	A	0,003	0,001	-0,003	-0,001	0,0	0,0	99,6	99,2	0,4
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,7	0,1
	C	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,7	99,5	0,2
Cable P11	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,5	0,1
	B	0,002	0,000	-0,002	0,000	0,0	0,0	99,6	99,4	0,2
	C	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	99,7	99,5	0,2
Cable P12	A	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,6	99,3	0,2
	B	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,4	0,2
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,7	99,6	0,1
Cable PBB	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,4	0,2
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,6	0,0
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,7	99,7	0,0
Cable PH	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,4	0,2
	B	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,6	99,3	0,3
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,7	99,5	0,1
Acometida trifásica	A	0,029	0,010	-0,029	-0,010	0,0	0,0	99,9	99,9	0,0
	B	0,026	0,008	-0,026	-0,008	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0
	C	0,029	0,007	-0,029	-0,007	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Cable Medidor – Transformador	A	-0,029	-0,010	0,029	0,010	0,0	0,0	99,9	99,9	0,0
	B	-0,026	-0,008	0,026	0,008	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0
	C	-0,029	-0,007	0,029	0,007	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Transformador	A	0,029	0,010	-0,032	-0,008	-3,0	2,4	99,9	99,6	0,4
	B	0,026	0,008	-0,025	-0,008	0,9	0,3	100,0	99,6	0,4
	C	0,029	0,007	-0,027	-0,008	2,4	-0,9	100,0	99,7	0,3
						0,6	1,9			

Elaborado por: Autor

Informe pérdidas en los cables con sistema balanceado

Circuito/Rama		Flujo Origen-Destin		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		%Tensión		
ID		MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	Origen	Destino	%Caída
Cable1		0,084	0,025	-0,084	-0,025	0,0	0,0	100,0	100,0	0,00
Cable ELEVADORES		-0,005	-0,001	0,005	0,001	0,0	0,0	99,6	99,6	0,04

Cable Mezzanine	-0,003	-0,001	0,003	0,001	0,0	0,0	99,4	99,6	0,22
Cable P1	-0,003	-0,001	0,003	0,001	0,0	0,0	99,5	99,6	0,10
Cable P2	-0,026	-0,008	0,027	0,008	0,1	0,1	98,8	99,6	0,84
Cable P3	-0,003	-0,001	0,003	0,001	0,0	0,0	99,6	99,6	0,08
Cable P4	-0,005	-0,001	0,005	0,001	0,0	0,0	99,5	99,6	0,15
Cable P5	-0,004	-0,001	0,004	0,001	0,0	0,0	99,5	99,6	0,11
Cable P6	-0,004	-0,002	0,004	0,002	0,0	0,0	99,5	99,6	0,16
Cable P7	-0,004	-0,001	0,004	0,001	0,0	0,0	99,5	99,6	0,16
Cable P8	-0,004	-0,001	0,004	0,001	0,0	0,0	99,5	99,6	0,14
Cable P9	-0,004	-0,001	0,004	0,001	0,0	0,0	99,5	99,6	0,16
Cable P10	-0,004	-0,001	0,005	0,001	0,0	0,0	99,5	99,6	0,17
Cable P11	-0,004	-0,001	0,004	0,001	0,0	0,0	99,5	99,6	0,16
Cable P12	-0,004	-0,001	0,004	0,001	0,0	0,0	99,5	99,6	0,18
Cable PBB	-0,001	0,000	0,001	0,000	0,0	0,0	99,6	99,6	0,06
Cable PH	-0,004	-0,001	0,004	0,001	0,0	0,0	99,4	99,6	0,20
Cable2	-0,084	-0,025	0,084	0,025	0,0	0,0	100,0	100,0	0,00
T1	0,084	0,025	-0,084	-0,024	0,1	0,0	100,0	99,6	0,36
					0,2	0,1			

ANEXO 5: Tabla Excel para cálculo del TIR y el VAN

Cálculo del TIR y el VAN para la propuesta

Tasa de descuento	5%	
	Proyecto A	
Período	Flujo de Fondos	
0	-\$52.961	
1	\$1.918	
2	\$1.918	
3	\$54.827	
4	\$1.918	
5	\$1.918	
	Resultado	Proyecto A
		TIR 5,69%
		VAN \$ 1.049,49