



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS

**Proyecto de Investigación y Desarrollo en Opción al
Grado Académico de Magister En Gestión de Energías**

TEMA:

“AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI DE LA CIUDAD DE SANGOLQUÍ DURANTE EL AÑO 2016 Y SU INCIDENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. DISEÑO DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS Y ACCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.”

Autor: Ing. Ivan Jony Alcocer Vallejo

Tutor: Msc. Ing. Xavier Proaño

Latacunga - Ecuador

Noviembre -2017

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Alcocer Vallejo Ivan Jony, con el título del proyecto de investigación y desarrollo: “AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI DE LA CIUDAD DE SANGOLQUÍ DURANTE EL AÑO 2016 Y SU INCIDENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. DISEÑO DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS Y ACCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa del proyecto de investigación.

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

Latacunga noviembre 2017.

Para constancia firman:

.....
MSc. CRISTIAN GALLARDO
PRESIDENTE

.....
MSc. ROSA ELENA TERAN ARAUJO.
MIEMBRO

.....
PhD. JUAN JOSE LA CALLE DOMINGUEZ
MIEMBRO

.....
PhD. ILIANA GONZALES
OPONENTE



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCION DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

AVAL DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Latacunga, noviembre del 2017

En mi calidad de Director de proyecto de investigación y desarrollo presentada por el Ing. Alcocer Vallejo Ivan Jony, egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es “AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI DE LA CIUDAD DE SANGOLQUÍ DURANTE EL AÑO 2016 Y SU INCIDENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. DISEÑO DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS Y ACCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA”.

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

Atentamente

Msc. Ing. Xavier Proaño

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

AUTORÍA

Yo, Alcocer Vallejo Ivan Jony, portador del número de cédula 1704933413, 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

Ivan Jony Alcocer Vallejo
C.I. 1704933413

AGRADECIMIENTO

A Dios por enseñarme el camino de la sabiduría y la felicidad junto a mis seres queridos, por darme la oportunidad de obtener el sustento para mi familia y por estar presente en los momentos más difíciles.

A los docentes 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 apoyo incondicional.

Ivan

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado a la memoria de todos los ingenieros electrónicos del país, que aportamos con proyectos de innovación y tecnología hacia el habitat donde se ve con éxito como la electrónica es un pilar importante para el desarrollo de la pequeña y gran industria del Ecuador.

A mis hijos Diego y Leonardo quienes nunca me han dejado de apoyar en mis estudios, en especial a mi esposa Esthelita que han sido muestra de sacrificio y valor para seguir adelante en mi vida profesional.

Ivan Jony

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCION DE POSGRADO
MAESTRIA EN GESTION DE ENERGIAS

TITULO: “Auditoría energética del sistema eléctrico del edificio del instituto tecnológico Rumiñahui de la ciudad de Sangolquí durante el año 2016 y su incidencia en el consumo de energía eléctrica. Diseño de un plan de implementación de medidas y acciones de eficiencia energética.”

Autor: Ing. Ivan Jony Alcocer Vallejo

Tutor: Msc. Ing. Xavier Proaño

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui de la ciudad de Sangolquí, en cuyas instalaciones se realizó el análisis eléctrico basado en normas de la EEQ (Empresa eléctrica Quito S.A.), La Norma Europea UNE-EN 12464-1, respecto a la iluminación de los lugares de trabajo en interior, consistió en la identificación de los usos energéticos actuales en todas y cada una de las áreas del edificio. Se hizo el reconocimiento del edificio, de las instalaciones y de los equipos. Así mismo, se conoció la situación energética actual del edificio, a través de la recolección de datos históricos del consumo eléctrico mediante facturas eléctricas de los tres últimos años, que presentaron variaciones de hasta el 15% en el consumo de energía eléctrica.

Estas variaciones fueron razón suficiente para realizar un análisis en el sistema eléctrico del edificio y que era necesario contar con un plan de medidas energético para mejorar esta situación. El plan de medidas pasa por la utilización de equipos más eficientes, tiempo de uso, y la implementación de un sistema de utilización de la energía eléctrica por parte de los usuarios finales. Actividades que permitirán tener un ahorro en las planillas mensuales.

Los recursos financieros destinados a la facturación eléctrica afectan el sistema económico de la institución, sin embargo es conveniente realizar inversiones a corto plazo para la implementación de equipos más eficientes como son las luminarias, que permitirá un ahorro de aproximadamente 15% del consumo total actual.

Descriptor: Auditoria eléctrica, consumo energético

UNIVERSITY OF COTOPAXI
POSGRADUATE DIRECTION
ENERGY MANAGMENT MASTER´S DEGREE

ABSTRACT

The present investigation was carried out at the Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui in the city of Sangolquí, where an electrical analysis was carried made based on EEQ (Empresa Eléctrica Quito SA), European Standard UNE-EN 12464-1, Standard for electrical safety in workplaces, respect to the illumination of indoor workplaces, consisted of the identification of current energy uses in each and every area of the building. The recognition of the building, facilities and equipment was made. Also, the current energy situation of the building was known through the collection of historical data of electric consumption through electric bills of the last three years, which showed variations of up to 15% in the consumption of electric energy.

These variations were reason enough to carry out an analysis in the electrical system in the building and determined that was necessary to have a plan of energy measures to improve this situation. The plan of measures includes the use of more efficient equipment, time of use, and the implementation of a system of an electric energy usage system to be followed by end users. Activities will allow savings in the monthly bills.

The financial resources allocated to electric energy billing affect the economic system of the institution; however it is advisable to make short-term investments for the implementation of more efficient equipment such as luminaires, which will allow a saving of approximately 15% of the current total consumption.

Key words: electrical analysis, Standard for electrical, energy

TABLA DE CONTENIDO

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO	1
AVAL DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
AUTORÍA	3
AGRADECIMIENTO	4
DEDICATORIA.....	5
ABSTRACT	7
TABLA DE CONTENIDO	8
TABLA DE FIGURAS	12
CONTENIDO DE TABLAS	13
Situación Problemática.....	14
Justificación de la Investigación.....	14
Objeto y problema de la investigación	15
Hipótesis de investigación y desarrollo de la investigación	16
Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	17
Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación.....	19
CAPITULO 1	20
MARCO CONTEXTUAL Y TEORICO	20
1.1. Caracterización detallada del objeto.....	20
1.2 Fundamentación teórica.....	21
Cargos por bajo factor de potencia	23
Compensación del factor de potencia.....	24
Métodos de compensación.....	24
1.3 Iluminación.....	25
Luz LED	25
Evaluación de los niveles de iluminación en las áreas y puestos de trabajo	26
Medición y muestreo de iluminación.	26
Cálculo del Índice de local	27
Flujo luminoso (lux)	27
Determinación del flujo luminoso total	28
Cálculo del número de lámparas	28

Potencia eléctrica.....	29
Potencia activa (P).....	29
Potencia reactiva (Q).....	30
Potencia aparente (S).....	30
Desbalances de carga.....	31
Análisis de niveles de voltaje.....	31
1.4. Fundamentación Legal.....	33
1.5. Definición de Términos Básicos.....	34
1.6. Bases Teóricas Prácticas de la Investigación desarrolladas en Ecuador.....	35
CAPITULO 2.....	38
METODOLOGÍA.....	38
2.1. Diseño de la investigación.....	38
2.2. Modalidad de Campo.....	38
2.3. Modalidad Bibliográfica Documental.....	38
2.4. Modalidad Proyecto Factible.....	38
2.5. Forma de Investigación.....	39
2.6. Tipo de investigación.....	39
2.7. Metodología de la Investigación.....	39
2.8. Operacionalización de variables.....	39
2.10. Técnicas e Instrumentos de recolección de la información.....	40
Multímetro.....	41
Luxómetro.....	41
Computador.....	41
2.11. Plan de recolección de datos.....	41
2.12. Procedimiento.....	42
Delimitación del campo de estudio.....	43
CAPÍTULO 3.....	45
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	45
3.1. Portadores energéticos en el Instituto.....	45
3.2. Análisis de los portadores energéticos.....	46
3.3.- Acometida de energía eléctrica en el edificio ISTER.....	47
3.4. Evaluación de la demanda eléctrica en el edificio.....	48
3.5.- Registro de mediciones.....	49
Análisis de los datos medidos.....	51

Análisis de la potencia activa en kW	51
Análisis de la potencia aparente en kVA.....	51
Análisis de la potencia reactiva en KVAr	51
Resumen de Potencias	51
Curva de Carga	52
Curva de carga diaria.....	53
Análisis de Factor de Potencia:	54
Análisis de Desbalance de carga:	54
Análisis de niveles de voltaje	54
Datos iniciales obtenidos con la Simulación.-	55
Estudio de los flujos de potencia	57
Factor de potencia en la carga:	57
Conductores:.....	57
Transformador:	58
3.6.- Descripción del sistema eléctrico del edificio ISTER.....	58
3.7 Determinación de la carga del instituto	61
Evaluación de los niveles de iluminación de interiores.....	61
3.7.1Distribución de las luminarias	62
3.7.2 Iluminación de aulas y oficinas	62
3.8. Energía consumida.	63
Población estudiantil	63
Tasa de crecimiento	63
Sensor de luz del día o fotocelda	65
Tendencia al uso de fluorescentes	65
3.8.1 Registros de observación.....	66
3.8.2 Encuesta de auto diagnostico.....	67
Tarifa eléctrica.....	69
CAPÍTULO 4	70
LA PROPUESTA	70
4.1 Título.....	70
4.2 Justificación	70
4.3 Objetivos	71
Objetivo General.....	71
4.3.1 Estructura de la propuesta.....	71

4.3. 2 Desarrollo de la propuesta	71
4.4. PROPUESTA	71
4.4.1 Metodología para ahorrar energía eléctrica	71
4.5 Potencia de pérdidas	72
Análisis técnico económico de la implementación del Proyecto	72
Ahorro energético al implementar las soluciones propuestas	72
Cálculo de las pérdidas de energía.	72
4.6.- Propuesta de iluminación con lámparas LED	73
4.6.1 Calculo del número de lámparas	74
4.6.2 Análisis financiero para las lámparas LED	75
Datos financieros para la instalación de las lámparas LED propuestas	76
Periodo de recuperación de la inversión PSR.....	76
4.6.3 Efectos (Técnicos, Sociales, económicos).....	80
4.7 Campaña de ahorro y eficiencia energética	80
4.7.1 Implementación de medidas y acciones de eficiencia energética.....	81
Actividades administrativas.....	81
Actividades técnicas	81
Modelo de gestión energética	82
Manual de procesos	83
Política energética.....	83
4.7.2 Cronograma	85
4.7.3 Plan de acción	85
Conclusiones.....	86
Recomendaciones	86
BIBLIOGRAFIA	87

TABLA DE FIGURAS

FIGURA 1. 1: TRIANGULO DE POTENCIAS	22
FIGURA 1. 2: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE COMPENSACIÓN	24
FIGURA 1. 3: TIPOS DE COMPENSACIÓN	25
FIGURA 2. 1: METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE AUDITORÍAS ((SOLINGESA, 2016) .	42
FIGURA 2. 2: EDIFICIO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR RUMIÑAHUI	44
FIGURA 3. 1: INSPECCIÓN VISUAL DE LA ACOMETIDA	48
FIGURA 3. 2: DEMANDA ANUAL DE ENERGÍA	49
FIGURA 3. 3: IMÁGENES OBTENIDAS DEL ANALIZADOR DE CARGA	50
FIGURA 3. 4: CURVA DE CARGA	52
FIGURA 3. 5: CURVA DE CARGA DIARIA	53
FIGURA 3. 6: DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DEL EDIFICIO ISTER	56
FIGURA 3. 7: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	59
FIGURA 3. 8: ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR	60
FIGURA 3. 9: NIVELES DE ILUMINACIÓN, OBTENIDOS CON EL LUXÓMETRO DRMETER	61
FIGURA 3. 10: CONSUMO DE ENERGÍA VS POBLACIÓN ESTUDIANTIL DEL INSTITUTO	64
FIGURA 4. 1: LÁMPARA LED Y DIAGRAMA POLAR	77
FIGURA 4. 2: RESULTADOS MEDICIÓN DIALUX CON NIVELES DE ILUMINANCIA E MIN Y EMAX	78
FIGURA 4. 3: POSICIÓN DE LAS LUMINARIAS	79
FIGURA 4. 4: MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA	82

CONTENIDO DE TABLAS

TABLA 1: SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	17
TABLA 1. 1: LÍMITES DE VARIACIONES DE VOLTAJE	32
TABLA 2. 2: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE INDEPENDIENTE	40
TABLA 2. 1: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE DEPENDIENTE.....	40
TABLA 2. 3: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	41
TABLA 3. 1: CONSUMOS DE LOS PORTADORES ENERGÉTICOS EN EL 2016.....	46
TABLA 3. 2: ENERGÍA CONSUMIDA EN EL INSTITUTO EN EL 2016	47
TABLA 3. 3: CARGA CONECTADA	49
TABLA 3. 4: POTENCIA ACTIVA DE LAS TRES LÍNEAS	51
TABLA 3. 5: POTENCIA APARENTE DE LAS TRES LÍNEAS.....	51
TABLA 3. 6: POTENCIA REACTIVA DE LAS TRES LÍNEAS	51
TABLA 3. 7: RESUMEN DE POTENCIAS	51
TABLA 3. 8: POTENCIA MÁXIMA DE LAS TRES LÍNEAS	52
TABLA 3. 9: VALORES DE FACTOR DE POTENCIA ENTRE FASES Y TOTAL.....	54
TABLA 3. 10: VALORES DE VOLTAJE MÍNIMO, MEDIO Y MÁXIMO DE LAS FASES.....	55
TABLA 3. 11: NIVELES DE VOLTAJE MÍNIMO, MEDIO Y MÁXIMO DE LAS FASES	55
TABLA 3. 12: FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA.....	57
TABLA 3. 13: CARGA EN EL TRANSFORMADOR.....	58
TABLA 3. 14: CARGA ELÉCTRICA INSTALADA EN EL ISTER.....	61
TABLA 3. 15: DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS	62
TABLA 3. 16: POBLACIÓN DE LOS AÑOS 2014,2015 Y 2016.....	63
TABLA 3. 17: TASA DE CRECIMIENTO.....	64
TABLA 3. 18: FICHA DE OBSERVACIÓN EN LA TOMA DE MUESTRA DE ILUMINACIÓN	66
TABLA 3. 19: ENCUESTA DE AUTO DIAGNÓSTICO	67
TABLA 4. 1: PÉRDIDAS INICIALES.....	72
TABLA 4. 2: CARGOS TARIFARIOS.....	73
TABLA 4. 3: COMPARACIÓN FLUORESCENTES CON LÁMPARAS LED.....	74
TABLA 4. 4: RESUMEN DE CÁLCULO DE LÁMPARAS LED	74
TABLA 4. 5: RESUMEN DE LA PROPUESTA DE ILUMINACIÓN CON LÁMPARAS LED	75
TABLA 4. 6: LUMINARIAS CONSIDERADAS PARA EL CAMBIO DE LUMINARIAS LED.....	75
TABLA 4. 7: RESUMEN DE CONSUMO DE ENERGÍA Y AHORRO	75
TABLA 4. 8: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PROPUESTA PARA CAMBIO DE LUMINARIAS.....	85
TABLA 4. 9: DIAGNOSTICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN EL ISTER.....	85

SITUACIÓN PROBLÉMICA

Como consecuencia de la creciente demanda de electricidad o energía eléctrica, nos enfrentamos a un alza importante del gasto social en suministro eléctrico. Bajo el escenario de referencia, el aumento de los precios de los combustibles fósiles, que conllevan las emisiones, producirán una subida de los costos de suministros eléctricos de la cifra actual de U\$1.130 mil millones /año a más de U\$4.300 mil millones/año en 2050". Por esto se presenta estadísticas internacionales de la población de cada país por consumo energético. (Indexmundi, 2014)

En referencia a la producción de energía eléctrica un 80% de la electricidad suministrada mundialmente tiene su origen en fuentes fósiles, especialmente petróleo, gas natural y carbón. Por otra parte los grandes embalses de las centrales hidroeléctricas implican la destrucción de grandes valles que se ven inundados por su aguas. Particularizando los efectos, esta investigación se centrará principalmente en el consumo de energía eléctrica que será el objeto de estudio de este proyecto en el Instituto Rumiñahui, especialmente para determinar los impactos que se generan y se ven contempladas en los niveles de consumo, como se puede esperar la entidad educadora garantizara el desarrollo autónomo siendo participe del concepto de eficiencia y sostenibilidad para involucrar los cambios necesarios, por esta razón el instituto tiene una gran responsabilidad ante el paradigma energético ya que es un importante agente dinamizador de la sociedad y formador de profesionales que en un futuro tendrán poder de decisión sobre muchas de las acciones que se necesitarán emprender para solucionar los problemas generados por el modelo de consumo energético actual. Por otra parte, el Instituto también dispone del personal cualificado y las herramientas necesarias para poder investigar modelos de desarrollo menos consumistas, nuevas tecnologías más eficientes en el uso de la energía y contribuir con ello a la implantación de una cultura de sostenibilidad que permita establecer una relación más respetuosa con su entorno.

En Ecuador el promedio nacional de consumo mensual por cliente es de 121 kWh en el sector residencial, 595 kWh en el comercial y 8.472 kWh en el Industrial. Los clientes finales de las empresas eléctricas demandaron una energía de 14.931 GWh. (Conelec, 2011).

Justificación de la Investigación

El continuo incremento de la población mundial y con un modelo de desarrollo que exige un consumo creciente de energía, está saturando la capacidad de regeneración de los ecosistemas naturales, tanto para producir recursos como para asumir los residuos. La insostenibilidad de este sistema se ha hecho ya visible: la contaminación de la atmósfera, la inundación de valles y abandono de pueblos por la construcción de presas, la peligrosidad de los residuos nucleares y el agotamiento progresivo del petróleo y del carbón, son pruebas de ello.

Para tratar de disminuir el consumo energético, dos vías de solución parecen especialmente prometedoras para hacer frente a esta importante problemática en relación a la energía. Por una parte aprovechar más eficientemente la energía y por otra acudir a fuentes de energía renovables.

Con el fin de aprovechar mejor la energía a nivel social, vemos que en el área administrativa y docentes, podemos crear en ellos conciencia acerca de la importancia que tiene el ahorro de energía organizando campañas internas tales como afiches, letreros ilustrativos entre otros.

A nivel económico podríamos tener ahorros significativos ya que el servicio de energía eléctrica que paga el instituto es alto debido al estrato en que se encuentra ubicado, una solución podría ser cambiar los hábitos de los consumidores, sustituir aparatos que no consuman mucha energía, organizar los que existen de forma óptima nos permitiría ahorrar mucho dinero.

Todas estas razones se pueden traducir en una mejor calidad de vida si ahorramos energía , ya que en muchas ocasiones la consumimos pero en realidad no la necesitamos y además le damos un mal servicio, por lo tanto ahorrar energía es un deber de todos no de pocos.

Objeto y problema de la investigación

Objeto de estudio de la investigación

El sistema eléctrico del edificio del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui.

Problema de la investigación.

Consumo creciente de energía eléctrica en el Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui, se hace necesario una auditoría energética del sistema eléctrico del edificio, el diseño de un plan de implementación de medidas y acciones de eficiencia energética.

Campo de acción y objetivo general de la investigación

Campo de acción

La eficiencia energética en el sistema eléctrico del Instituto Tecnológico Rumiñahui

Objetivo General de la Investigación

Realizar la auditoría energética en el edificio Administrativo y Docente del Instituto Tecnológico Rumiñahui con vista a la implementación de medidas y acciones de eficiencia energética para determinar el consumo energético real y disminuir su consumo en año 2016.

Hipótesis de investigación y desarrollo de la investigación

Hipótesis de la investigación

La aplicación de una auditoría energética en el edificio del Instituto Tecnológico Superior Rumiñahui de Sangolquí, partiendo del portador electricidad y la aplicación de un plan de implementación de medidas y acciones de eficiencia energética posibilitará la reducción del consumo de energía eléctrica.

Desarrollo de la investigación

El Instituto Técnico Superior Rumiñahui al contar con un procedimiento de ahorro de energía permitirá bajar el consumo de la energía suministrada por la empresa eléctrica EEQ para el edificio, lo cual garantizará un mejor desempeño y bajarán los costos en las planillas de consumo.

Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico actualizado de todos los parámetros eléctricos en el instituto mediante el levantamiento de cargas para determinar las características del sistema eléctrico.
2. Realizar el análisis de datos obtenidos de las mediciones eléctricas y mediante simulaciones determinar los problemas más representativos del sistema eléctrico.
3. Actualizar el sistema unifilar del sistema eléctrico.

4. Proponer alternativas de solución a los problemas encontrados a través de un análisis técnico económico de dichas propuestas para cumplir con la regulación emitida y reducir los costos de consumo eléctrico.

Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Objetivo 1: Realizar un diagnóstico actualizado de todos los parámetros eléctricos en el instituto mediante el levantamiento de cargas para determinar las características del sistema eléctrico.	Análisis de la carga existente en el instituto Rumiñahui	Levantamiento de carga del instituto Levantamiento del diagrama unifilar e identificación del estado general de los equipos instalados en el instituto.	Investigación de campo y Observación directa. Trabajo de oficina.
Objetivo 2. Realizar el análisis de datos obtenidos de las mediciones eléctricas y mediante simulaciones determinar los problemas más representativos del sistema eléctrico.	Análisis y simulación de los datos obtenidos por el analizador de redes.	Obtener las mediciones correspondientes para evaluar el estado de los equipos e instalaciones eléctricas del instituto. Visualizar las posibles causas y proponer las soluciones más viables.	Simulación de flujos utilizando la herramienta de ingeniería asistida por computadora EASY POWER Mediciones con el analizador de carga ANALYST 3Q LEM Análisis del nivel de las potencias.
Objetivo 3. Actualizar el sistema unifilar del sistema eléctrico	Elaboración del sistema unifilar del sistema eléctrico.	Obtener el diagrama unifilar detallado del sistema eléctrico.	Planos en AUTO CAD del diagrama unifilar del sistema eléctrico
Objetivo 4. Proponer alternativas de solución a los problemas encontrados a través de un análisis técnico y económico, cumpliendo normas y reglamentos para reducir los costos del consumo eléctrico.	Realizar un análisis técnico económico con base en los resultados obtenidos de la ejecución de flujos del simulador.	Incluir las soluciones adecuadas técnica y económicamente viables para solucionar los problemas que afectan a la calidad de energía eléctrica en el instituto.	Presentación de las posibles soluciones con base en las necesidades técnicas y económicas del instituto.

Elaborado: Autor

Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación

La presente investigación es posible desarrollarla en dos enfoques:

Enfoque cuantitativo, donde lo importante es la generalización o universalización de los resultados que se obtendrán de las pruebas realizadas en el edificio del instituto Rumiñahui

Enfoque cualitativo, que se entiende que la cantidad es parte de la cualidad de los datos obtenidos y a través de las cuales estableceremos recomendaciones. La investigación comienza con el descubrimiento del problema del consumo de energía eléctrica en el instituto y busca la solución al mismo a través de los diferentes niveles de investigación.

Nivel de investigación

La investigación de campo que se realizará en la auditoría eléctrica en el Instituto Tecnológico Superior Rumiñahui para determinar los problemas en la realidad y poder describirlos, interpretarlos, y entender su naturaleza será de tipo descriptivo y documental con un conocimiento detallado de los rasgos externos del problema.

Alcance de la investigación

En este proyecto de auditoría eléctrica cuyo principal objetivo es el ahorro de energía en todas las instalaciones del instituto, como son las oficinas, salones, laboratorios, biblioteca, etc. Determinaremos cuáles son las principales consecuencias del elevado uso de los recursos energéticos en todas las instalaciones mencionadas anteriormente, y plantear soluciones que se implementen lo más rápido posible para darle fin al malgasto de energía en muchos de los lugares más importantes y frecuentados del instituto.

Los lugares analizados se dividirán en dos grupos los cuales visitaremos en un horario acorde para todo el personal, se pretende visitar todos los salones de clase que existen en el instituto, esta parte del proyecto se realizara teniendo en cuenta información pertinente del semestre pasado, así con la investigación actual se complementara dicha información, por otra parte, las oficinas del personal administrativo y docente.

En nuestra investigación podemos utilizar, información del semestre pasado como recurso disponible, también cámaras digitales para captar las imágenes de los elementos eléctricos con los que cuenta cada lugar, publicidad nueva y anterior que motive a las personas a ahorrar energía eléctrica puesto que en la actualidad este recurso puede terminar, todo esto

con el fin de concientizar a las personas que muchas veces estamos malgastando las cosas que tenemos, o no les estamos dando un uso adecuado y por esto podríamos terminar acabando con recursos importantes y necesarios para nuestro diario vivir.

Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación

Este trabajo se estructura de tal manera que abarca un amplio campo de análisis técnico.

El capítulo 1, cubre las teorías que permiten tomar decisiones, así como los parámetros eléctricos, las propiedades generales de la energía eléctrica que se utiliza en el edificio.

El capítulo 2, comprende un análisis de los procedimientos metodológicos sobre la determinación de la calidad de la energía en el sistema eléctrico y técnicas experimentales utilizadas en la investigación.

El capítulo 3, consta del análisis de los datos obtenidos por medio de los equipos de medición, planos eléctricos y cálculos realizados desde la acometida de la red comercial hasta las cargas puntuales como son equipos de cómputo y de iluminación, una vez que los trabajos de medición se han efectuado y terminado. Tenemos así datos reales de funcionamiento a través de los cuales se puede realizar un análisis de la energía eléctrica consumida, además las posibles mejoras a realizarse en el edificio. Se establece por consiguiente, la aplicabilidad del mismo para optimizar recursos.

El capítulo 4, luego de terminar con los temas anteriores definimos las medidas y proyectos de ahorro energético para el edificio. La propuesta que se detalla se fundamenta en la información y el análisis previo desarrollado durante toda la investigación. El método que se utiliza es cuantificable, es decir, que demuestre la reducción de las pérdidas eléctricas y la nueva disposición del alumbrado, la evaluación técnica y económica de estas ideas es la de comparar el funcionamiento y costo actual con los que eventualmente tendría, de aplicarse la solución propuesta. Finalmente, se cuantifican los ahorros para concluir si es factible el proyecto. La culminación de este análisis se da con la comparación cuantitativa de la propuesta aquí sugerida.

CAPITULO 1

MARCO CONTEXTUAL Y TEORICO

En este capítulo analizaremos algunos antecedentes y resultados de otras entidades educativas y empresas que ya han desarrollado y logrado algún tipo de ahorro de energía eléctrica en edificios, la normativa legal que apoya la realización del presente proyecto de investigación como parte del fundamento teórico que facilite el entendimiento del ámbito energético para luego revisar los aspectos técnicos administrativos en los que se está realizando esta investigación y por último realizar el enunciado de la hipótesis planteada.

1.1. Caracterización detallada del objeto

En la Cumbre de las Américas de 2009 en Puerto España, Trinidad y Tobago, los líderes de las Américas reafirmaron su compromiso de trabajar juntos hacia un futuro de energía limpia, a fin de mitigar los efectos del cambio climático. La OLADE (Organización latinoamericana de energía) específicamente el área de Eficiencia Energética pretende institucionalizar la eficiencia energética en los países de América Latina y el Caribe, mediante el fortalecimiento de la institución responsable, encargada de orientar y dirigir los programas de eficiencia energética a nivel nacional, incluyendo las leyes y normativas, a fin de lograr ahorros de energía sostenibles, que difieran las necesidades de inversión en el sector energético, mejoren las finanzas del país y reduzcan las emisiones de CO₂. (OLADE, 2015). En Ecuador el Ministerio del Ambiente (MAE), promueve e incentiva políticas para la promoción del uso racional de la energía en el Ecuador, aplicada a oficinas y hogares; iniciativas de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Basados en estos planteamientos y publicaciones, se analizaron experiencias de otros centros educativos que nos permiten comparar el consumo de la energía eléctrica en las actividades diarias por sus características similares al centro educativo ISTER, escogidas para nuestro estudio.

UTN (Universidad Tecnológica Nacional), YPFE INTEL: En México, realizaron una investigación en la cual demostraron que al remplazar las computadoras actuales por equipos más modernos permitiría un significativo ahorro energético. “La investigación arrojó resultados alentadores que mostraron un ahorro energético de entre el 30-40% si el

parque instalado de PC es actualizado a las últimas tecnologías de Intel, vPro y Core 2 Duo.” (Bonilla, 2009)

Guía de auditorías energéticas en centros docentes: Para el correcto desarrollo del proceso de aprendizaje hay que contar con los equipos informáticos, audiovisuales y de telecomunicación que sean precisos. Por último, también es común incluir equipos del ámbito de la restauración en los grandes Centros Docentes, que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar una correcta gestión energética, ya que son grandes consumidores de energía. (Fenercom, 2010)

Para nuestro caso la auditoria eléctrica realizada en el ISTER para reducir el consumo de energía eléctrica, determinará la situación energética en el instituto, comparando cambios y modificaciones con el objeto de tener un conjunto óptimo de soluciones que conduzcan a un gasto energético menor.

1.2 Fundamentación teórica

De acuerdo con la información de varias fuentes bibliográficas, encontramos que existe variada información sobre el ahorro de energía, pero la mayoría orientada para ahorro en sistemas industriales, edificios y del hogar, sobre el consumo de energía en instituciones educativas es muy limitada, ello nos motivó a realizar esta investigación.

Auditoria energética. “La auditoría energética es el proceso mediante el cual se evalúa la eficacia de los sistemas instalados y su relación entre lo consumido y lo aprovechado desde el punto de vista energético”. (www.sinceo2.com, 2011)

Objetivos de una auditoria energética

El auditor deberá conocer el funcionamiento de los equipos dentro del proceso para crear soluciones de ahorro de energía que se reflejaran en los valores de la facturación para lo cual se deberán cumplir los siguientes objetivos:

- Obtener un conocimiento fiable de los consumos energéticos
- Identificar donde y como se consume la energía y los factores que afectan a su consumo.
- Optimizar el consumo de energía

- Identificar el costo energético
- Eliminar las pérdidas energéticas
- Maximizar la eficiencia de la instalación

Medición y toma de datos

La toma de datos se realiza mediante la recopilación de información, tanto de la documentación que será facilitada por el personal de la administración, como la obtenida a través de visitas a las instalaciones.

Portadores energéticos

Son aquellas sustancias o dispositivos que almacenan energía, de tal manera que ésta pueda liberarse posteriormente de forma controlada. La energía eléctrica, el gas licuado de petróleo GLP y el agua están entre los principales portadores energéticos.

Factor de potencia

Es la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna.

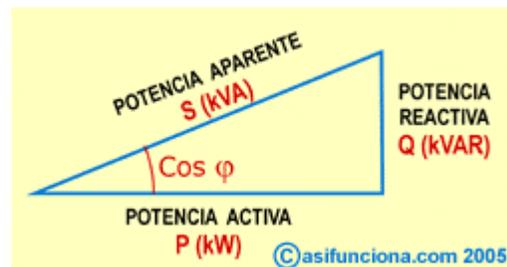


Figura 1. 1: Triangulo de potencias

El factor de potencia o coseno de “fi” ($\cos \Phi$) representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente fórmula:

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

Ecuación No 1

Optimización del factor de potencia

Para el análisis del factor de potencia existen límites admisibles establecidos por el CONELEC 004/01 que para Fp máximo es 1 y mínimo de 0,92.

Cargos por bajo factor de potencia

Para aquellos consumidores de la Categoría General, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92 el distribuidor aplicará los cargos establecidos en el Reglamento de Tarifas del Pliego y Cargos Tarifarios de Ecuador, en concepto de cargos por bajo factor de potencia.

Donde se deduce que la penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización, multiplicando por el siguiente factor. Según (ARCONEL, ARCONEL, 2016).

$$Bfp = \left(\frac{0,92}{fpr}\right) - 1$$

Ecuación No 2

Dónde:

Bfp: Factor de penalización por bajo factor de potencia.

fpr: Factor de potencia registrado.

Porque existe un bajo factor de potencia

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable, los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia. Según (Velasco, 2006).

Compensación del factor de potencia

El hecho de instalar un condensador generador de energía reactiva es la manera más simple, flexible y rápidamente amortizada de asegurar un buen factor de potencia. Esto se llama compensar una instalación. (Schneider, 2000)

Cuando se reduce la potencia reactiva, se mejora el factor de potencia

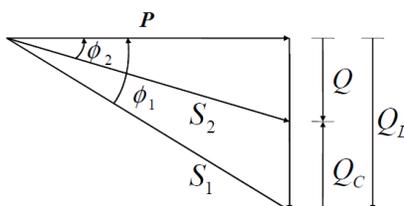


Figura 1. 2: Esquema del principio de compensación

Donde:

Q_L es la demanda de reactivos de un motor y la potencia aparente correspondiente

Q_C es el suministro de reactivos del capacitor de compensación. La compensación de reactivos no afecta el consumo de potencia activa, por lo que P es constante.

Como efecto del uso de los capacitores, el valor del ángulo ϕ_1 se reduce a ϕ_2 . La potencia aparente S_1 también se reduce a S_2 .

Al disminuir el ángulo ϕ se incrementa el factor de potencia

Para realizar el cálculo de Q_C utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Q_C = P_{med} * (tg\theta_1 - tg\theta_2) \quad \text{Ecuación No 3}$$

Donde:

P_{med} = Potencia activa medida

Q_C = Potencia reactiva del banco de capacitores

θ_1 = Ángulo del factor de potencia actual

θ_2 = Ángulo del factor de potencia deseado

Métodos de compensación

Son tres los tipos de compensación en paralelo más empleados:

- Compensación individual: La batería está conectada directamente a los bornes de cada receptor de tipo inductivo
- Compensación en grupo: La batería de condensadores puede instalarse en el centro de control de motores.
- Compensación central: La batería está conectada al cuadro de distribución y suministra energía reactiva a cada taller o a un grupo de receptores.

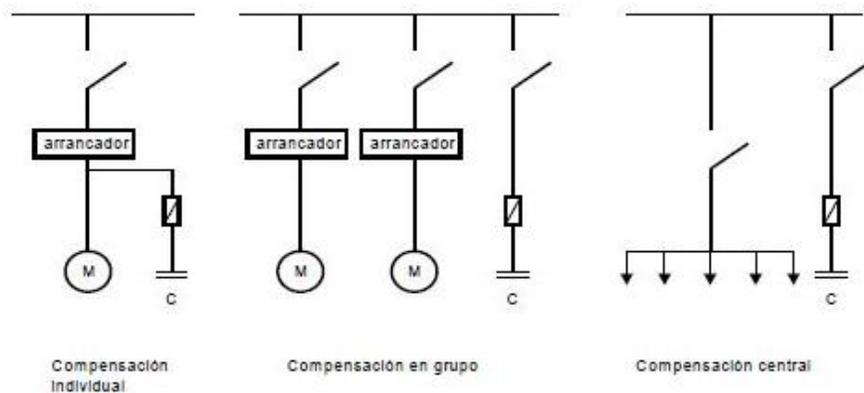


Figura 1. 3: Tipos de compensación

1.3 Iluminación

Como referencia para nuestra investigación se utilizara la norma Europea UNE 12464-1 relativa a “Iluminación de los lugares de trabajo en interior”, que recomienda el cumplimiento no solo cuantitativo, sino cualitativo de dos aspectos de la tarea visual que se resumen brevemente:

- Confort visual
- Rendimiento de colores

Luz LED

Los LED constituyen una tecnología avanzada, cuyo punto más destacable respecto a cualquier otra tecnología de iluminación es la eficacia luminosa, que actualmente se sitúa entre 80 – 90 lm/w. Razón por la cual los dispositivos de iluminación basados en esta tecnología favorecen el ahorro y la eficiencia energética.

Cabe destacar también la elevada vida útil de las lámparas LED, lo que unido al bajo consumo de energía eléctrica permite un retorno de la inversión en un periodo de tiempo

muy reducido. Otro punto importante en la tecnología LED es la ausencia de radiaciones ultravioletas e infrarrojas, la escasa generación de calor, el encendido instantáneo el buen rendimiento de color.

Evaluación de los niveles de iluminación en las áreas y puestos de trabajo

Metodología

De acuerdo con la información obtenida durante el reconocimiento, se establecerá la ubicación de los puntos de medición de las áreas de trabajo seleccionadas, donde se evaluarán los niveles de iluminación.

Ubicación de los puntos de medición.

Los puntos de medición deben seleccionarse en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo, de tal manera que describan el entorno ambiental de la iluminación de una forma confiable, considerando: el proceso de producción, la clasificación de las áreas y puestos de trabajo, así como la ubicación de las luminarias respecto a los planos de trabajo.

Medición y muestreo de iluminación.

El método de medición que frecuentemente se utiliza, es una técnica de estudio fundamentada en una cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la zona analizada. La base de esta técnica es la división del interior en varias áreas iguales, cada una de ellas idealmente cuadrada, procedimiento establecido en las normas argentinas de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT, 2012).

Coefficiente de utilización (Cu)

Este coeficiente representa la cantidad de flujo luminoso efectivamente aprovechado en el plano de trabajo después de interactuar con las luminarias y las superficies dentro de un local.

El coeficiente Cu, se determina por una interpolación de datos de la tabla entregada por el fabricante, los datos a tener en cuenta para la interpolación son las reflectancias efectivas de las superficies y el índice de local (K).

Coefficiente de mantenimiento (Cm).

Es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de una instalación, y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar la misma como nueva.

Cálculo del Índice de local

El valor del índice K de área, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la ecuación siguiente:

$$K = \frac{(x)(y)}{h(x+y)} \quad \text{Ecuación N°4}$$

Dónde:

K= índice del área.

x, y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

N = Numero de muestras

$$N = (K + 2)^2 \quad \text{Ecuación N°5}$$

Determinación de la iluminación promedio (Ep)

El cálculo del nivel promedio de iluminación para el método de la constante del salón, se realiza con la siguiente expresión:

$$Ep = \Sigma Ei / N \quad \text{Ecuación N°6}$$

Dónde:

Ep = Nivel promedio en lux.

Ei = Nivel de iluminación Medido en lux en cada punto.

N = Número de medidas realizadas.

Flujo luminoso (lux)

Es la magnitud que mide la potencia o caudal de energía de la radiación luminosa y se puede definir de la siguiente manera: Flujo luminoso es la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente durante un segundo. (Discomfort glare in interior lighting, 1995)

$$\Phi = Q / t \quad \text{Ecuación N°7}$$

Donde:

Φ= Flujo luminoso en Lúmenes.

Q = Cantidad de luz emitida en Lúmenes

t = Tiempo en segundos.

Determinación del flujo luminoso total

Para calcular el flujo luminoso total necesario en un determinado espacio o local que precise una iluminación uniforme, lo haremos mediante la utilización del método de cálculo de iluminación conocido como el método de los lúmenes.

La fórmula que utilizaremos es la siguiente:

$$\Phi T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m} \quad \text{Ecuación N}^\circ 8$$

Donde:

E_m = nivel de iluminación medio (en Lux)

ΦT = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en Lúmenes)

S = superficie a iluminar (en m^2).

C_u = Coeficiente de utilización

C_m = Coeficiente de mantenimiento

Cálculo del número de lámparas

$$NL = \frac{\Phi T}{n\Phi L} \quad \text{Ecuación No 9}$$

Donde

NL = número de lámparas

ΦT = flujo luminoso total necesario en la zona o local

ΦL = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

Norma europea UNE-EN 12464-1:2003. Establecimientos educativos

Parámetros e instrumentos utilizados en mediciones eléctricas

Como principio básico para emprender medidas de ahorro de energía eléctrica es necesario entender cómo funcionan los aparatos eléctricos, los diferentes tipos de energía que consumen y el aprovechamiento que podemos tener de ellos, por lo que en esta investigación incluimos conceptos básicos de la energía eléctrica. (Padilla, 2012).

Potencia eléctrica

Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio (watt).

La electricidad se puede producir mecánica o químicamente por la generación de energía eléctrica, o también por la transformación de la luz en las células fotoeléctricas es el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Por esta razón la potencia es proporcional a la corriente y a la tensión. (Spitta, Gunter., 2001)

Es decir:

$$P = V * I$$

Ecuación No 10

Donde:

V: Valor instantáneo de voltaje

I: Valor instantáneo de corriente

Tipos de potencia eléctrica

En los equipos que funcionan con corrientes alternas y basadas en electromagnetismo, como los motores y los transformadores, por ejemplo, coexisten tres tipos diferentes de potencia:

Potencia activa (P)

La potencia activa dimensionada en W, y se transforma íntegramente en energía mecánica (trabajo) y en calor (pérdidas térmicas). (Schneider, Guía de diseño de instalaciones eléctricas, 2009)

De acuerdo a la definición anterior, la potencia activa representa en realidad la “potencia útil”, o sea, la energía que realmente se aprovecha cuando ponemos a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo.

$$P = \sqrt{3} V.I. \cos\phi$$

Ecuación No 11

Donde

P: Potencia activa

V: Voltaje de la red (voltaje de línea) (entre fases)

I: Corriente de la línea

\emptyset : Ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente

Potencia reactiva (Q)

La potencia reactiva no es una potencia realmente consumida en la instalación, ya que no produce trabajo útil debido a que su valor medio es nulo. Aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores. Se representa por Q y se mide en voltamperios reactivos (VAr).

$$Q = \sqrt{3} V.I. \text{sen}\emptyset \quad \text{Ecuación No 12}$$

Potencia aparente (S)

El valor que representa la potencia aparente o potencia total (S) de un circuito eléctrico con carga reactiva

$$Q^2 + P^2 = S^2 \quad \text{Ecuación N°13}$$

El valor de la potencia aparente será igual al resultado de extraer la raíz cuadrada de S^2 .

Su unidad de medida el Volt -ampere (VA)

$$S = VI \quad \text{Ecuación No 14}$$

$$S = \sqrt{3} V.I \quad \text{Ecuación No 15.}$$

Demanda

Es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo de previamente establecido. Los valores instantáneos tienen un interés limitado en el análisis de un sistema de distribución, lo que realmente interesa para dimensionarlo en sus diversos componentes, en la inercia térmica de los mismos es la demanda. Los intervalos de demanda normalmente empleados son 15, 30 y 60 minutos. (Poveda, 1987)

Demanda Máxima

Es la mayor demanda ocurrida en un sistema o en la parte que interesa de él, durante el periodo considerado. Por ejemplo, demanda máxima diaria, mensual, anual. Comúnmente se le llama demanda o carga pico. (Poveda, 1987).

Factor de pérdidas

Es la relación de la pérdida de potencia promedio a la pérdida de potencia a demanda máxima, durante un periodo específico de tiempo. (Poveda, 1987).

Acometida

Circuito que enlaza la red pública con la instalación individual del abonado. Administrativamente el medidor de energía es parte de la acometida, pudiendo ser esta en bajo alto voltaje. (Estudio del factor de carga para el diseño de edificios y locales comerciales en el sector comercial de Quito, 2007)

Carga

Es la cantidad de potencia dada o recibida en un punto sobre un intervalo de tiempo. Este puede aplicarse a un sistema, parte del sistema, consumidor individual o grupo de consumidores. (Estudio del factor de carga para el diseño de edificios y locales comerciales en el sector comercial de Quito, 2007).

Desbalances de carga

Los sistemas eléctricos industriales son propensos a sufrir desbalance de voltaje, esto significa que los valores de voltajes se diferencian entre sí.

Las razones para que esto ocurra pueden ser:

Razones Externas: Que la Compañía Eléctrica entregue un voltaje desbalanceado. Esto requiere un reclamo ante la empresa suministradora para que corrija la situación.

Razones Internas: Crecimiento desordenado de la instalación eléctrica, al incluirse cargas Monofásicas sin control, como: Cargas especiales, motores, aires acondicionados, otros.

Falsos contactos en Breakers, Fusibles, Contactores. De manera que se produzcan caídas de voltaje en alguna de las líneas. (Enríquez, 2005).

$$Desbalance\ entre\ fases = \frac{Carga\ fase\ mayor - Carga\ fase\ menor}{Carga\ fase\ mayor} \quad \text{Ecuación No 16}$$

El desbalance permitido no debe exceder al 5%, lo que quiere decir que las cargas totales conectadas a cada Fase de un sistema bifásico o trifásico no deben ser diferentes una de la otra en un porcentaje mayor al 5%.

Análisis de niveles de voltaje

Se determina a la calidad de voltaje como las variaciones de los valores eficaces (rms), medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles. No cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición cuando el 5% o más de los registros durante del período de medición de 7 días continuos, no se encuentren dentro de los límites de voltaje admitidos con respecto al valor del voltaje nominal como se señala. (CONELEC, 2011).

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad \text{Ecuación No 17}$$

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:

Tabla 1. 1: Límites de variaciones de voltaje

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0%	± 5,0%
Medio Voltaje	± 10,0%	± 8,0%
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0%	± 8,0%
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0%	± 10,0%

Regulación No CONELEC 004-01, pag5

Selección del calibre de conductores en baja tensión

La selección adecuada de un conductor eléctrico que llevará corriente a un dispositivo específico se hace tomando en consideración dos factores:

1. La capacidad de conducción de corriente (Ampacidad).
2. La caída de voltaje.

Cada tipo de conductor tiene propiedades específicas que lo diferencian de otros, pero en general en la selección de un conductor deben considerarse los agentes que los afectan durante su operación. (ZAVALA, 2003).

Cálculo de los conductores por caída de Voltaje

Para seleccionar el conductor es necesario tomar en cuenta la corriente que circulará por él, también es necesario considerar que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas (que son 2% en instalaciones residenciales y 3 ó 4% en instalaciones industriales). (ZAVALA, 2003)

Analizador de redes eléctricas

El Analizador de redes eléctricas, realiza la medición y diagnóstico de todas las variables, eléctricas, entregando información oportuna que permite detectar y prever problemas de calidad de energía (armónicos, sobretensiones, cortes o transitorios).

La mayoría permite grabar datos en su memoria y luego manipularlos en algún software como matlab o incluso Excel.

Gracias a las pantallas gráficas fasores y formas de onda es posible analizar el estado de la instalación y definir si existen necesidades, de red de tierras, de compensación de voltaje, de regulación, de balanceo, o de algún equipo que esté ocasionando disturbios.

1.4. Fundamentación Legal

En los últimos años, en el Ecuador se han dado varios cambios significativos a nivel legislativo y regulatorio, como fue en el 2008, la aprobación de la nueva Constitución, que posee varios artículos que beneficia a la investigación, entre los más destacados tenemos:

Art. 15. El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Art. 313. El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.

Art. 314. El Estado será responsable de la provisión de servicios públicos de agua potable y riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias y los demás que determine la ley.

Art. 413. 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.

El instrumento con el cual el Gobierno Nacional articula las políticas públicas con la gestión y la inversión pública, denominado “Plan Nacional para el Buen Vivir”, cuenta con 12 estrategias y objetivos nacionales, de los cuales se puede destacar:

Estrategia. La producción, transferencia y consumo de energía debe orientarse radicalmente a ser ambientalmente sostenible a través del fomento de energías renovables y eficiencia energética.

Ley de Regulación del Sector Eléctrico (LRSE). Esta ley contiene normas relacionadas con la estructura del sector eléctrico y de su funcionamiento. En el capítulo I, Para los efectos legales y contractuales se declara la energía eléctrica un bien estratégico, con los alcances para efecto de los problemas económicos del artículo 604 del Código Civil y las disposiciones pertinentes de la Ley de Seguridad Nacional.

1.5. Definición de Términos Básicos

Energía. (Galeon, 2009), define: “Es la capacidad que tiene un cuerpo en un determinado instante para realizar un trabajo”

Fuentes de energía no renovables. OLADE (2011) define: “son aquellas que se encuentran de forma limitada en el planeta y cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración”.

Watio (W). (ELREN, 2007) Unidad de potencia eléctrica del Sistema Internacional, que equivale a un julio por segundo. (Símbolo **W**).

Consumo energético. (OLADE, 2011), define: “Es toda la energía que se entrega a los sectores de consumo, para su aprovechamiento como energía útil, como electricidad y calor. Se excluye de este concepto, las fuentes utilizadas como insumo o materia prima para producir otros productos energéticos ya que esto corresponde a la actividad transformación”.

Baja tensión. Se considera baja tensión eléctrica aquella que distribuya o genere energía eléctrica para consumo propio y a las receptoras en los siguientes límites de tensiones nominales: Corriente alterna igual o inferior a 1000 voltios, Corriente continua igual o inferior a 1500 voltios.

Consumidor comercial. (ARCONEL, 2016) Persona natural o jurídica, que utiliza los servicios de la energía eléctrica para fines de negocio, actividades profesionales o cualquier otra actividad con fines de lucro.

Iluminancia E

La iluminancia o nivel de iluminación se define como el flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de medida es el lux (lx).

1.6. Bases Teóricas Prácticas de la Investigación desarrolladas en Ecuador

A continuación se detallan tres proyectos de la aplicación de auditorías eléctricas en centros educativos en el Ecuador.

- Como primer ejemplo tomamos la Escuela Politécnica del Ejército, de la ciudad de Latacunga, ESPE, con su proyecto “Metodología de una auditoría energética del sistema eléctrico de los sistemas de iluminación, motores eléctricos y sistemas de distribución”. Sus principales objetivos son implementar un plan de mantenimiento y operación para el sistema eléctrico existente. Realizar una campaña del uso racional de la energía eléctrica y la concientización sobre el uso de la energía eléctrica.
- Para segundo ejemplo hemos tomado a la Universidad San Francisco de Quito (USFQ), con el proyecto denominado “Análisis del Consumo Energético-Eléctrico de la

Universidad San Francisco de Quito”, entre sus objetivos está realizar un análisis del consumo eléctrico de la Universidad, a través de la identificación de los principales causales de mayor consumo, además crear una base de datos de los aparatos eléctricos funcionales en el campus de la USFQ. (Báez, 2011)

- La Universidad Politécnica Salesiana, con el proyecto “Auditoría eléctrica a la fábrica de cartones nacionales Cartopel” indica que para evolucionar hacia un nuevo modelo energético más sostenible, debemos fomentar el ahorro y la eficiencia energética en todas aquellas acciones que nos demanden consumo de energía. (Vintimilla, 2012)

De acuerdo a las tres investigaciones antes descritas, indican que la iluminación representa entre el 20 al 30 % del consumo total de energía eléctrica del edificio y para conseguir una iluminación eficiente es necesario conocer las necesidades de cada una de las áreas del edificio acompañada de una campaña de concientización en el uso de la energía eléctrica.

Requisitos Legales

Actualmente en el Ecuador existen leyes y reglamentos que amparan el estudio de la calidad de la energía eléctrica, ya que ha adquirido mucha importancia en vista de que existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad en las empresas. Uno de los objetivos de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico Art. 5, (LRSE, 2013) es proporcionar al país un servicio eléctrico de alta calidad y confiabilidad que garantice su desarrollo económico y social. Siendo uno de los objetivos fundamentales de la política nacional en materia de generación, por medio de este objetivo se justifica la realización de este proyecto de investigación. Según el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (SEMPLADES, 2013) se debe asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica en el Ecuador,

En 1994, el INECEL, con asesoría internacional, realizó un estudio previo a la Implantación de un Programa de Administración de la Demanda y Uso Eficiente de Energía Eléctrica, denominado AD&UREE. Los resultados de dicho estudio indicaron que se podría alcanzar en el 2010 un desplazamiento de 238 MW en la demanda y un ahorro de 422 GWh/año, con una inversión anual del 1 al 2 % de los ingresos anuales brutos de las empresas distribuidoras del país, entre las medidas de Uso Eficiente de Energía Eléctrica, UREE, se identificaron el Cambio de luminarias poco eficientes de usuarios y de

alumbrado público y Programas de auditorías energéticas especialmente en grandes industrias, para nuestro caso la auditoria eléctrica en el instituto Superior Tecnológico Rumiñahui.

CAPITULO 2

METODOLOGÍA

Modalidad de la investigación

En este capítulo se establece la metodología, el diseño, la modalidad, tipo y nivel de investigación, la población y muestra, los métodos y técnicas que se utilizaron, la operacionalización de las variables y el procedimiento de la investigación.

2.1. Diseño de la investigación

En la presente investigación se evaluó la energía eléctrica entregada por la comercializadora en el edificio que funciona el instituto, durante el periodo 2016, y se estableció un sistema de pruebas y mediciones en cada piso de funcionamiento.

Este trabajo se lo realizó bajo la modalidad de campo, de carácter exploratorio, con nivel descriptivo explicativo.

2.2. Modalidad de Campo

Se utilizó la investigación de campo ya que se realizaron medidas in situ para evaluar la calidad de la energía, comparar con los obtenidos de la revisión bibliográfica y establecer causas y efectos, de tal manera que se pueda llegar a plantear una alternativa de solución utilizando otros elementos de iluminación y otros equipos eléctricos con fines de ahorro y eficiencia de energía eléctrica.

2.3. Modalidad Bibliográfica Documental

Se utilizó la investigación bibliográfica para recopilar, organizar, valorar y sistematizar definiciones y teorías referentes a la energía eléctrica con fines de auditoria eléctrica en edificios.

2.4. Modalidad Proyecto Factible

Con la finalidad de darle solución al problema planteado, el investigador empleó el método de proyecto factible, considerando que este método comprende el diseño y el desarrollo de una propuesta de un modelo tecnológico viable mediante la utilización de equipos para evaluar la calidad de la energía eléctrica para el suministro de energía eléctrica en el instituto.

2.5. Forma de Investigación

En cuanto a forma de investigación, para el presente proyecto se consideró la investigación Aplicada, ya que se empieza desde una situación problemática de consumo excesivo de energía eléctrica suministrada por la empresa eléctrica y que requiere ser disminuido tecnológicamente.

2.6. Tipo de investigación

Esta investigación se relacionó con la modalidad de campo, tipo exploratoria y nivel descriptiva, debido a que para su elaboración fue necesaria la medición de las variables en el mismo lugar, la utilización de planos del edificio con fines de ubicación de los sistemas, la recopilación de información de diversas fuentes bibliográficas para determinar el consumo de los últimos años y se recrearon diversos escenarios para caracterizar el potencial energético del lugar y proponer un sistema de ahorro energético que se adapte al funcionamiento después de la auditoría eléctrica en el instituto.

2.7. Metodología de la Investigación

La metodología Documental descriptiva es la aplicada en este proyecto de investigación, porque existe la variación de tensión desde 115 a 128 Voltios de fase y la frecuencia entre 59,60,61 Hz, que alteran el correcto desempeño de los equipos eléctricos y el apareamiento de fallas prematuras en todo tipo de equipos electrónicos sensibles que se ven reflejadas en la facturación eléctrica del instituto.

2.8. Operacionalización de variables

Las variables de la investigación se describen a continuación:

Variable Independiente

Auditoría eléctrica

Variable Dependiente

Implementación de medidas y acciones de eficiencia energética

Operacionalización de variables

A continuación se presenta la matriz de operacionalización de las variables independiente y dependiente.

Tabla 2. 1: Operacionalización variable independiente

Variable independiente		Auditoría eléctrica		
Concepto	Categoría	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Una auditoría eléctrica comprende la aplicación de procedimientos empleados en la búsqueda y localización de fuga de energía producto de la mala instalación, dimensionamiento, negligencia o mal diseño, que generan consumos elevados de energía.	Comportamiento de las cargas conectadas al tablero principal de energía.	Curvas de carga	Observación	Documentación, planos
	Niveles de voltaje y potencia	Voltaje máximo y Potencia máxima.	Observación y medición	Analizador de redes, simuladores
	Rendimientos de los equipos.	Costos en facturación.	Observación	Registro de pagos.

Elaborado: Autor

Tabla 2. 2: Operacionalización variable dependiente

Variable dependiente		Implementación de medidas y acciones de eficiencia energética		
Concepto	Categoría	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Comprende el uso racional de los equipos eléctricos bajo un plan de mejora y de gestión energética	Uso de equipos eficientes.	Adquisición de Equipos con modo de ahorro de energía	Observación, registro.	Documentación
	Plan de mejora de la gestión energética	Buenas prácticas de consumo de energía entre los empleados	Observación, registro	Documentación

Elaborado: Autor

2.10. Técnicas e Instrumentos de recolección de la información

La recolección de la información fue por observación y trabajos de campo, se utilizaron planos eléctricos, mediciones in situ y bases de datos que permitieron evaluar el comportamiento eléctrico en el instituto como se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2. 3: Técnicas e Instrumentos de recolección de la información

TECNICAS	INSTRUMENTOS
Medición y control	Analizador de redes, Multímetro, computador
Observación directa	Cuaderno de apuntes, fotografías, fichas de observación
Entrevistas	Inventarios, informes , filmadora

Elaborado: Autor

Multímetro

Este instrumento ha sido utilizado en la parte de potencia del sistema para poder determinar los voltajes de suministro de los paneles principales, así como también los voltajes de tomacorrientes de los diferentes pisos del edificio.

Luxómetro

Instrumento de medición que permitió medir el nivel de iluminación o iluminancia en los sitios de trabajo, así como de las aulas y laboratorios. El equipo utilizado, marca DrMeter

Computador

En principio el computador portátil sirvió para introducir datos directamente en un formulario en formato digital, consultar a través de internet o enviar información mediante correo electrónico, realizar cálculos in situ que permitieron al auditor tomar decisiones.

2.11. Plan de recolección de datos

Se realizará el reconocimiento del edificio, de las instalaciones y de los equipos de las distintas fuentes de energía y se procederá al levantamiento de carga eléctrica para elaborar el diagrama unifilar que representa el orden de las conexiones de los elementos que componen el sistema eléctrico. Paralelamente se instalará el analizador de redes, que realiza las mediciones de todos los parámetros eléctricos y realizar la simulación con una herramienta de ingeniería asistida por computadora (CASE) que integra completamente las funciones de cortocircuito, flujo de potencia, coordinación de dispositivos de protección y base de datos bajo el control interactivo gráfico del diagrama unifilar.

Metodología.

En el desarrollo de la metodología para la realización de la auditoría energética se tomó como referencia la norma UNE EN 16247 descrita gráficamente a continuación:

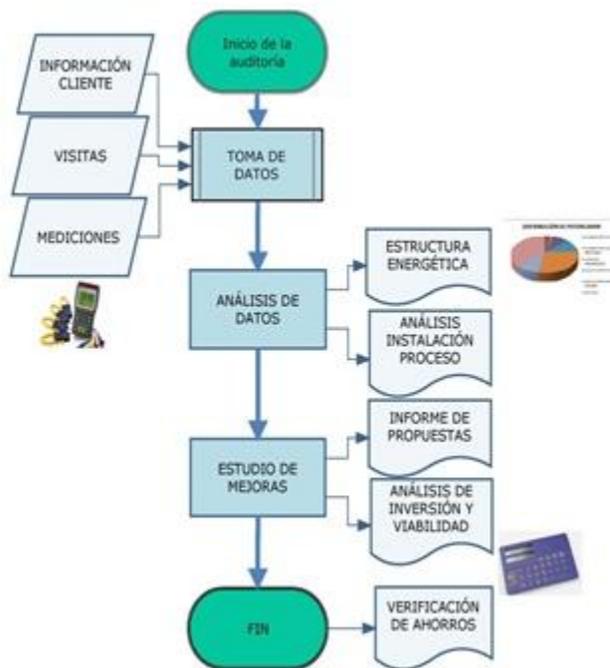


Figura 2. 1: Metodología para la realización de auditorías ((Solingesa, 2016)

En la que se llevaron a cabo las siguientes fases

- Primera etapa: Toma de datos
- Segunda etapa: Análisis de datos
- Tercera etapa: Estudio de mejoras con el objetivo de emitir un informe de las propuestas, un análisis de la inversión y la viabilidad de las mismas.

2.12. Procedimiento

Antes de proceder al desarrollo de las labores típicas de auditoría es imprescindible realizar un trabajo previo que proporcione un conocimiento acerca del emplazamiento y entorno de la instalación objeto de auditoría, así como de su distribución interna, documentación relacionada con la edificación y su funcionamiento energético.

Delimitación del campo de estudio.

El campus cuenta con su edificio principal de cinco pisos con un área aproximada de 6500 metros cuadrados y destacan entre sus instalaciones sus laboratorios docentes, biblioteca, así como su centro de convenciones y recepciones.

Visita Inicial al edificio y recopilación de información general

En esta primera visita se realizó una estimación básica de las instalaciones y de las posibilidades de actuación, observando:

- Año de Construcción del Edificio
- Planos de Arquitectura e Instalaciones
- Inventario de equipos con potencias nominales
- Facturas de Suministros Energéticos
- Certificados de mediciones de análisis de combustión de calderas
- Horarios de uso

Trabajo de Campo

- Visita general al inmueble, validando la información previa obtenida
- Observar el funcionamiento de las instalaciones existentes
- Observar las rutinas, costumbres y usos de las instalaciones.
- Realizar mediciones con equipos adecuados, sobre lo que consideremos importante

Informe Final

- Descripción de la situación existente
- Identificación y descripción de las posibles mejoras
- Ahorro económico
- Inversión necesaria y período de retorno.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Maestría Gestión de energías

UBICACIÓN	Instituto Tecnológico Superior Rumiñahui	
Provincia	Pichincha	
Cantón	Rumiñahui	
Parroquia	Sangolquí	
Dirección	Av. Atahualpa 1701 y 8 de febrero	
Estructura de edificio principal Cinco pisos	Estructura de edificio nuevo Cinco pisos	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Oficinas administrativas ➤ Sala de profesores ➤ Biblioteca ➤ Laboratorios ➤ Aulas de clase ➤ Auditorio 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Oficinas administrativas ➤ Bar ➤ Laboratorios gastronomía ➤ Aulas de clase ➤ Aulas adiestramiento de conducción vehicular 	
		
Fuente: https://www.google.com.ec/maps	Edificio principal	Edificio Nuevo

Figura 2. 2: Edificio del Instituto Tecnológico Superior Rumiñahui

Elaborado: Autor

El edificio nuevo de cinco pisos ubicado en la parte posterior del edificio principal contiene las oficinas administrativas de la carrera de gastronomía, aulas cocinas, laboratorios informáticos, y aulas docentes.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El objetivo de este capítulo es suministrar información acerca de la situación energética, desempeño y cambios en la energía eléctrica de la entidad, que sea útil a la hora de tomar decisiones económicas, así como, exponer los resultados de las actividades llevadas a cabo por la administración o dan cuenta de la responsabilidad en la gestión de los recursos confiados a la misma.

3.1. Portadores energéticos en el Instituto

Electricidad

La energía eléctrica en el instituto que cuenta con un edificio de cinco pisos es distribuida por un transformador de energía eléctrica a las diferentes áreas.

Gas licuado de petróleo (GLP)

Este portador se lo utiliza principalmente en la cocina del área de gastronomía como fuente de energía, para la preparación de alimentos correspondientes a las prácticas que realizan los estudiantes de dicha carrera.

Consumo de agua

Se toma al consumo de agua en cuenta y se analiza porque forma parte indispensable del funcionamiento del instituto, debido a la cantidad de estudiantes y la utilidad en cada actividad.

Para la distribución del agua en el instituto se tiene una cisterna y una bomba hidroneumática ubicada en la planta baja en la parte externa del edificio principal controlada automáticamente que distribuye a todas las instalaciones. En este caso el consumo de agua no es utilizada para generar energía ni forma parte de un sistema energético del edificio.

A continuación se resume el consumo de los portadores energéticos en el año 2016, presentes en el instituto como parte del sistema energético del edificio.

Tabla 3. 1: Consumos de los portadores energéticos en el 2016

Periodo	Datos de facturación (USD)			TOTAL
	Electricidad	GLP	Agua	
Enero	556	433,97	2460	
Febrero	565,49			
Marzo	609,69			
Abril	529,01			
Mayo	618			
Junio	822,33			
Julio	653,43			
Agosto	704,4			
Septiembre	603,88			
Octubre	777,69			
Noviembre	760,4			
Diciembre	688,58			
Subtotal	7888,9	433,97	2460	10783
%	73,16	4,02	22,81	100%

Elaborado: Autor

De la tabla 3.1 se puede evidenciar que: El 73,16% corresponde al pago de energía eléctrica, seguida por el consumo de agua con el 22,81% y el 4,02% al GLP.

3.2. Análisis de los portadores energéticos

A través de información dada por la compañía Duragas se conoció que el poder calorífico inferior (PCI) del GLP que comercializan es de 11027 kcal/Kg

Energía contenida en un cilindro de gas

Peso neto de GLP contenido en un cilindro: 13,626 Kg

$$\text{Energía en un cilindro} = \frac{11027 \text{kcal}}{\text{kg}} * 13,626 \text{Kg}$$

$$\text{Energía en un cilindro} = 150253,8 \text{Kcal} * 4,18 \text{KJ/kcal}$$

$$\text{Energía en un cilindro} = 628,06 \text{MJ}$$

La equivalencia energética 1kWh= 3,6 MJ

Tabla 3. 2: Energía consumida en el instituto en el 2016

Periodo	Datos de consumo de energía				TOTAL
	Electricidad		GLP		
2016	KWh	MJ	N de cilindros	MJ	
Enero	5467	19681,2	271	170616,18	
Febrero	5121	18435,6			
Marzo	5126	18453,6			
Abril	4547	16369,2			
Mayo	5822	20959,2			
Junio	7164	25790,4			
Julio	5671	20415,6			
Agosto	5672	20419,2			
Septiembre	5892	21211,2			
Octubre	5046	18165,6			
Noviembre	5741	20667,6			
Diciembre	4821	17355,6			
Subtotal	66090	237924	271	170616,18	408540,18
%		58,24		41,76	100%

Elaborado: Autor

De acuerdo a las cifras del cuadro 3.2, se puede observar que durante el año 2016 en el instituto, el portador energético que representa mayor consumo es la electricidad (58,24%), seguida por el consumo de gas licuado de petróleo con 41,6%.

3.3.- Acometida de energía eléctrica en el edificio ISTER

De la inspección realizada al edificio observamos que la acometida eléctrica transporta la energía desde el secundario del transformador trifásico y se conecta en forma subterránea al tablero principal, ubicado en la planta baja del edificio con las seguridades correspondientes.

A continuación se hace un resumen gráfico con los componentes de la acometida eléctrica del instituto.

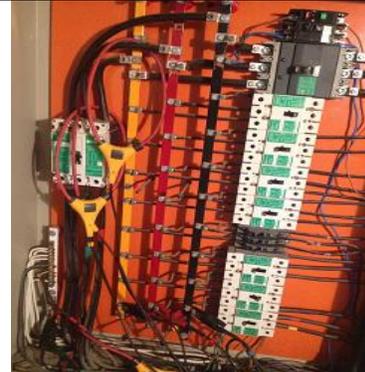


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Maestría Gestión de energías

Instituto Tecnológico Rumiñahui					
Ubicación			Edificio principal y edificio nuevo		
Hora inicio	9:00	Hora final	13:00	Inspección	2 de 10
Instrumentos			Cámara fotográfica		
Fecha de ejecución		2/ 04/2016		Revisado por	Ing.
Contenidos: Imágenes de las condiciones de la acometida al edificio					



OBSERVACIONES

No existe identificación en el tablero. No existe un diagrama unifilar pegado en la puerta. Cada termo magnético no se encuentra identificado con el circuito que comanda. Los térmicos si no están en uso, se deben identificar con la leyenda LIBRE o DISPONIBLE.

Figura 3. 1: Inspección visual de la acometida

Elaborado: Autor

Conductores de la acometida

Los conductores utilizados en la acometida del instituto, provienen del secundario del transformador trifásico, ubicado en una posición alta en un poste de energía y luego desde el pozo ubicado junto al poste en forma subterránea conectan el tablero principal en la planta baja con tres cables N° 3/0 AWG para las fases, un cable N° 2/0 TTU para el neutro y un cable N° 2/0 para el sistema de tierra.

3.4. Evaluación de la demanda eléctrica en el edificio

Para determinar la demanda eléctrica en el edificio, se tomaron datos de las facturas de consumo eléctrico, emitido por la comercializadora empresa eléctrica Quito (EEQ).

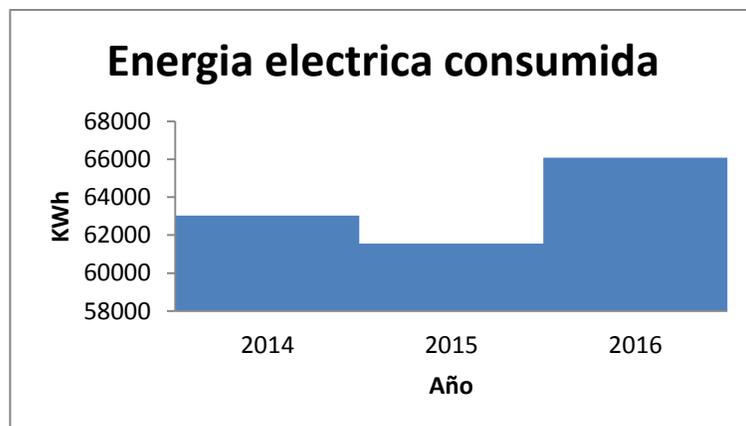


Figura 3. 2: Demanda anual de energía

Elaborado: Autor

Con base en la información detallada en la figura 3.2, es posible determinar que el incremento en el consumo de energía, posiblemente es debido a la instalación de nuevos equipos como son el ascensor y más computadores para laboratorios.

3.5.- Registro de mediciones

Levantamiento de carga eléctrica del edificio

El levantamiento de cargas eléctricas en el edificio consiste en cuantificar todos los equipos consumidores de energía eléctrica, anotar la demanda eléctrica que la placa datos especifica. El censo o levantamiento de cargas se lleva a cabo por cada uno de los edificios a analizar.

Para el levantamiento de carga se considera la conexión del edificio del instituto en el que estamos realizando la auditoria.

Carga conectada al transformador de 75 kVA

Tabla 3. 3: Carga conectada

Ítem	Área	KW
1	Edificio del instituto	41,66

Elaborado: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

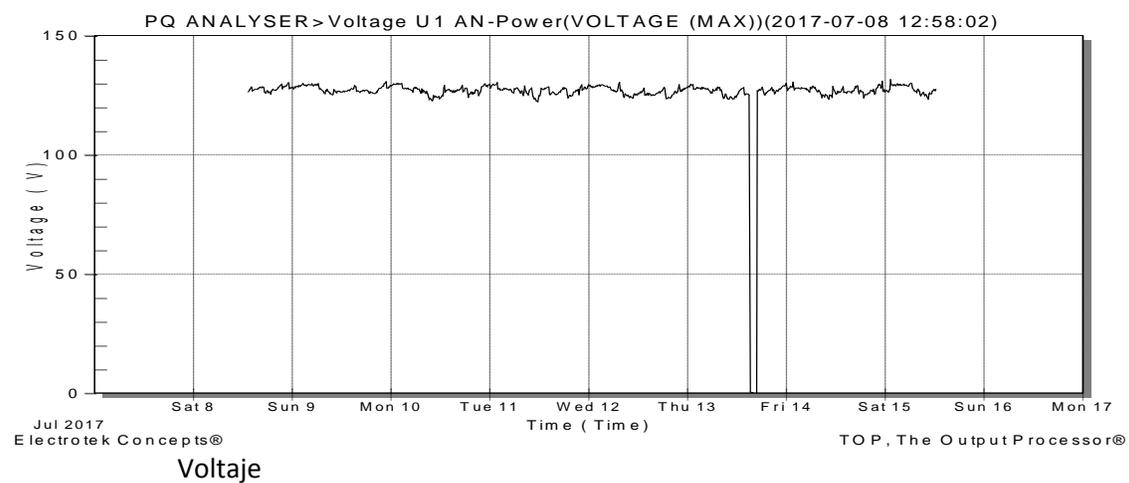
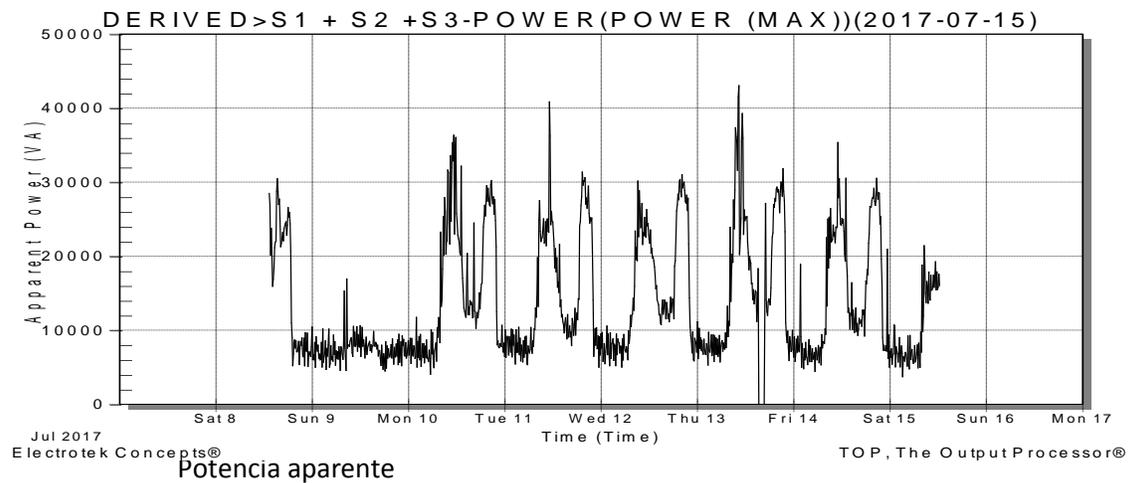
DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Maestría Gestión de energías

Instituto Tecnológico Rumiñahui

Ubicación				Transformador	
Hora inicio	11:00	Hora final	12:00	Inspección	7 de 10
Instrumentos				Cámara fotográfica	
Fecha de ejecución			15/07/2016	Revisado por	Ing.

Contenidos: Imágenes obtenidas del analizador de carga



Observaciones: Durante el proceso de medición se produjo un corte de energía

Figura 3. 3: Imágenes obtenidas del analizador de carga

Elaborado: Autor

Análisis de los datos medidos

Los datos obtenidos por medio de mediciones se registraron durante los días laborados, es decir, desde el lunes 10 al viernes 14 de julio en el horario normal de actividades del instituto.

Análisis de la potencia activa en kW

Tabla 3. 4: Potencia activa de las tres líneas

HORA	POTENCIA	KW TOTAL	KW L1	KW L2	KW L3	% Desbalance
6:00	Potencia Mínima	3,04	1,00	1,01	1,04	3,05%
13:58	Potencia Media	11,74	3,95	3,67	4,12	4,17%
19:18	Potencia Máxima	41,66	13,67	14,25	13,73	4,23%

Elaborado: Autor

Análisis de la potencia aparente en kVA

Tabla 3. 5: Potencia aparente de las tres líneas

HORA	POTENCIA	KVA TOTAL	KVA L1	KVA L2	KVA L3	% Desbalance
6:00	Potencia Mínima	3,73	1,22	1,26	1,25	2,52%
13:58	Potencia Media	13,73	4,63	4,50	4,60	2,17%
19:18	Potencia Máxima	43,16	14,76	13,85	14,55	4,80%

Elaborado: Autor

Análisis de la potencia reactiva en KVAr

Tabla 3. 6: Potencia reactiva de las tres líneas

HORA	POTENCIA	kVAr TOTAL	KVAr L1	KVAr L2	KVAr L3	% Desbalance
6:00	Potencia Mínima	0,09	0,090	0,225	0,232	2,96%
13:58	Potencia Media	2,40	1,195	1,181	1,204	1,17%
19:18	Potencia Máxima	18,06	6,680	4,980	6,400	4,37%

Elaborado: Autor

De acuerdo a las tablas arriba indicadas el porcentaje de desbalance se halla dentro de la norma.

Resumen de Potencias

Tabla 3. 7: Resumen de Potencias

POTENCIAS	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA	13,67	14,25	13,73	41,66
POTENCIA APARENTE	14,76	13,85	14,55	43,17
POTENCIA REACTIVA	6,68	4,98	6,40	18,06

Elaborado: Autor

De acuerdo a la tabla 3.7, el transformador que sirve al instituto abastece la potencia requerida que consume el edificio.

Curva de Carga

Con los datos extraídos del analizador de redes se obtiene la curva de carga.

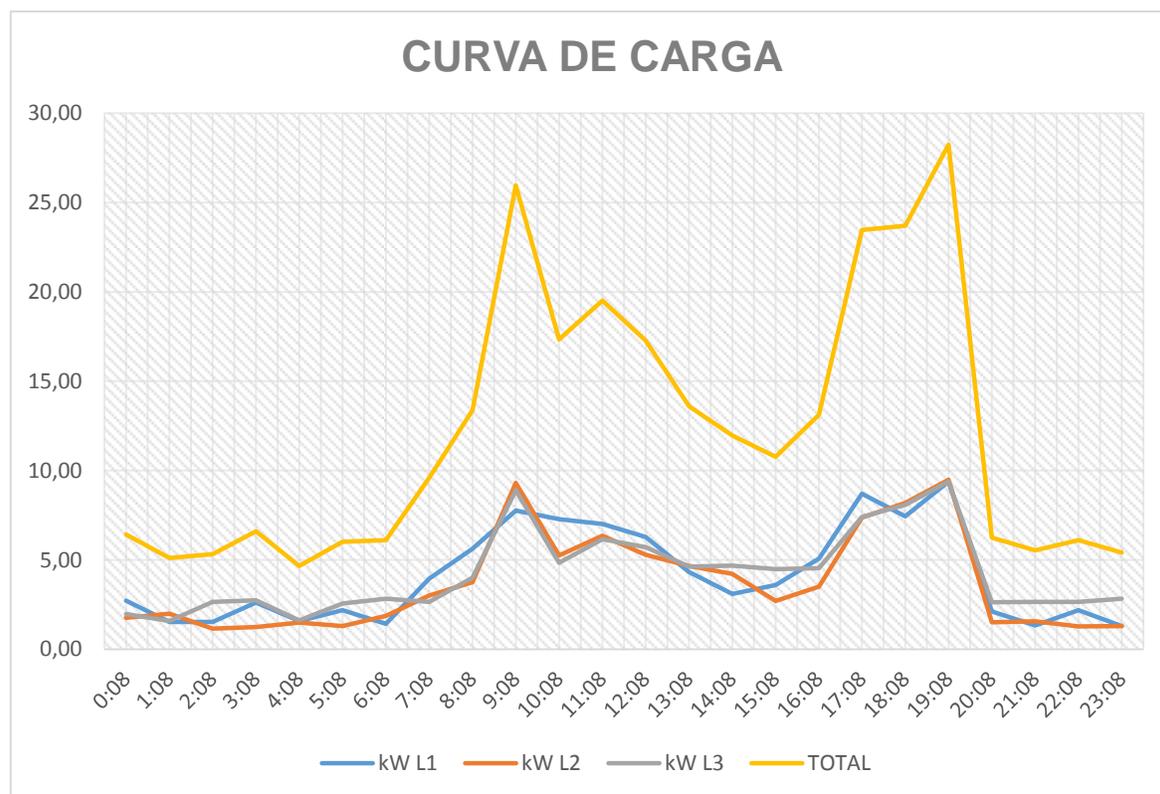


Figura 3. 4: Curva de carga

Elaborado: Autor

Se puede observar que la demanda máxima se presenta el jueves 13/07/2017, con dos picos representativos el uno alrededor de las 9:00 AM, y el otro a las 19:00 horas donde coinciden todos los consumidores con sus respectivas cargas.

Representa la duración de cada una de las demandas presentadas durante el periodo especificado, la potencia base total considerada es de 28,24 kW.

Tabla 3. 8: Potencia máxima de las tres líneas

Potencia máxima L1	Potencia máxima L2	Potencia máxima L3	Total
9,38	9,48	9,37	28,24

Elaborado: Autor

Curva de carga diaria

Cada valor de potencia activa de las tres líneas tomadas durante el día por el analizador de carga se divide para el total de las potencias máximas que es de 28,24 KW, con esto se obtiene los porcentajes de los valores que forman la curva de consumo diario del instituto.

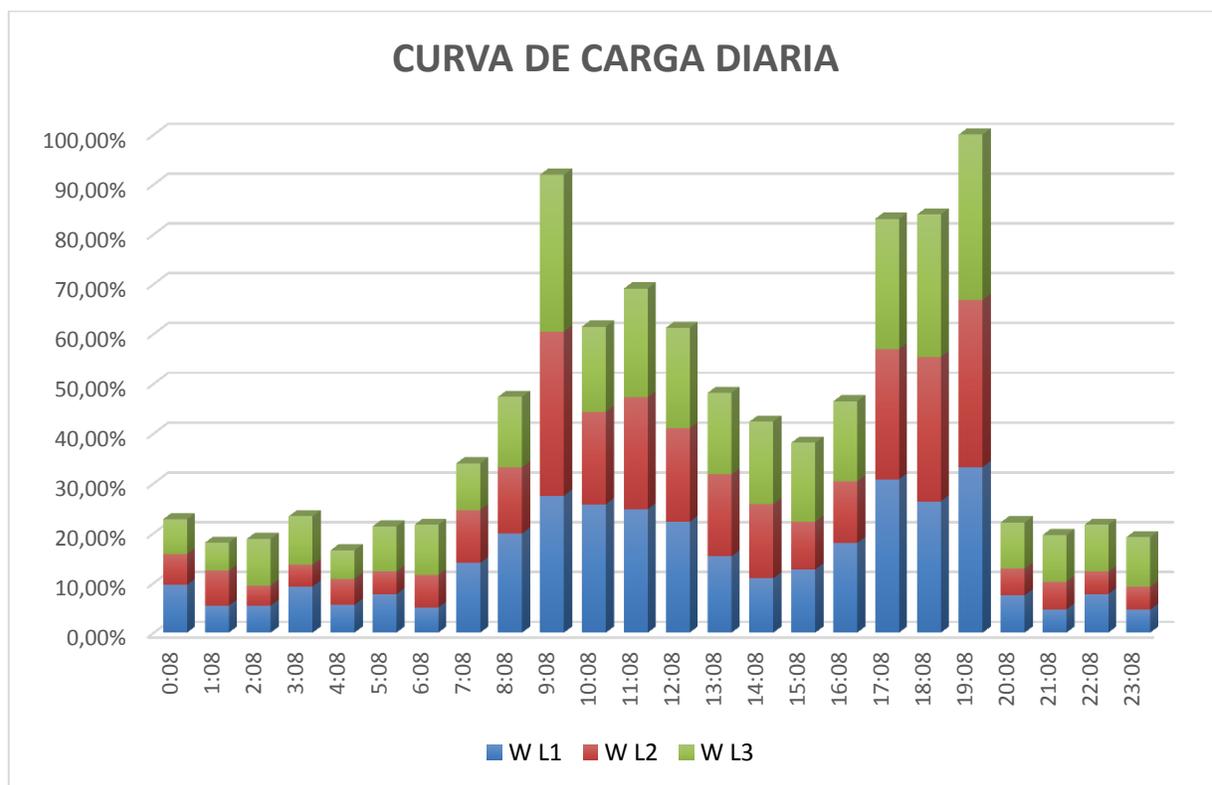


Figura 3. 5: Curva de carga diaria

Elaborado: Autor

En la figura 3.5 de barras apiladas, el eje vertical representa el porcentaje de potencia en cada fase con respecto a la potencia máxima total (28,24 kW). Las curvas de carga diaria dan una indicación de las características de la carga en el sistema sean comerciales o residenciales.

Durante el día de trabajo, se distinguen dos crestas donde el consumo eléctrico alcanza su máximo hacia la media mañana y al inicio de las actividades nocturnas, y sus mínimos antes de empezar, terminadas las labores y la hora de almuerzo, determinándose una doble curva en forma de m donde la primera elevación es menos marcada como se observa en la curva diaria de trabajo. Estos máximos se deben a las actividades propias de laboratorios de informática y la iluminación en la jornada nocturna.

Análisis de Factor de Potencia:

Los valores obtenidos del factor de potencia total igual a 0,982; parámetros permitidos por la regulación del CONELEC 004-01.

Tabla 3. 9: Valores de Factor de Potencia entre fases y total.

Valores	Mínimo	Máximo	Promedio	Observación
F.P. L1	0,992	1,00	0,979	Cumple con la regulación
F.P. L2	0,973	1,00	1,00	Cumple con la regulación
F.P. L3	0,983	1,00	0,992	Cumple con la regulación
F. P. promedio	0,982	1,00	0,99	Cumple con la regulación

Elaborado: Autor

Los registros obtenidos indican un factor de potencia total de 0,982; cumple con el 5% de los valores permitidos por la regulación del CONELEC 004-01, por lo tanto se encuentra bajo el límite establecido.

Análisis de Desbalance de carga:

Para analizar si existen desbalances de carga se aplica la siguiente ecuación:

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

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{129,51 - 129,04}{129,51} * 100\%$$

Desbalance entre fases= 0,362%

0,362 < 5% se halla dentro de la norma, no existe desbalance de fases

Análisis de niveles de voltaje

De acuerdo con la regulación CONELEC 004/01 los niveles de voltaje dependen de la zona donde se realizó la medición. El instituto Rumiñahui corresponde a la categoría bajo voltaje zona urbana y en la subetapa 2 cuya variación es del ±8%.

Los datos obtenidos de las tres líneas son:

Tabla 3. 10: Valores de Voltaje mínimo, medio y máximo de las fases

	V1L RMS	V2L RMS	V3L RMS
VOLTAJE MÍNIMO	118,62	118,07	118,00
VOLTAJE MEDIO	125,93	125,70	126,094
VOLTAJE MÁXIMO	129,49	129,04	129,51

Elaborado: Autor

Tabla 3. 11: Niveles de Voltaje mínimo, medio y máximo de las fases

	V1L RMS	V2L RMS	V3L RMS
VOLTAJE MÍNIMO	-6,61%	-7,04%	-7,10%
VOLTAJE MEDIO	-0,86%	-1,04%	-0,73%
VOLTAJE MÁXIMO	1,95%	1,59%	1,96%

Elaborado: Autor

- El 5% de los registros no debe exceder de $\pm 8,0\%$ del voltaje nominal. Se aprecia que los valores de las líneas se encuentran dentro de los límites permitidos, por lo tanto cumplen con la regulación.
- La carga está distribuida en forma balanceada

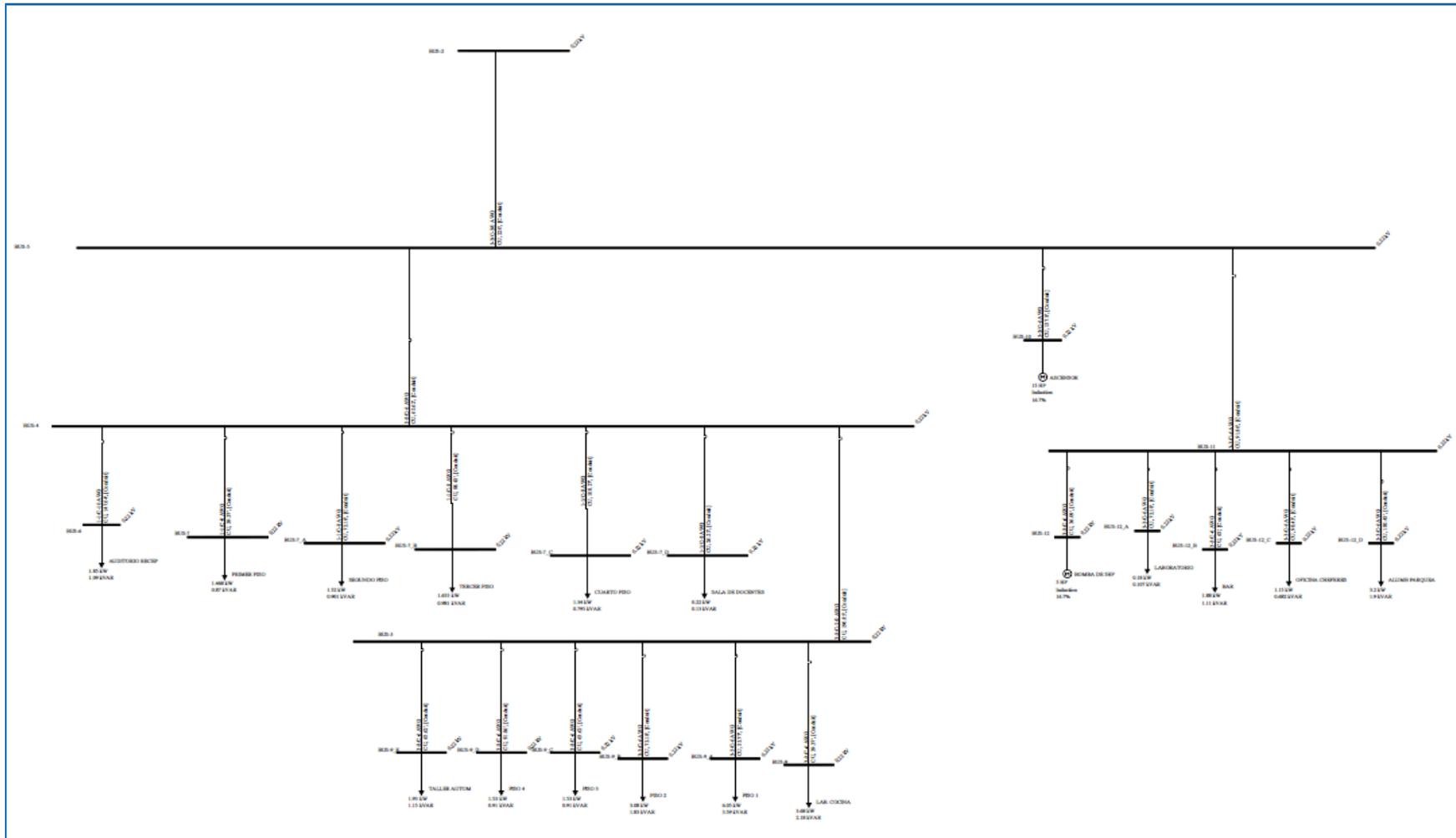
Datos iniciales obtenidos con la Simulación.-

Simulación en el sistema eléctrico con el software Easy Power

Para el desarrollo de éste se modela un sistema constituido por un transformador que alimenta a un conjunto de cuatro cargas a través de una red constituida por doce buses, para barras, el programa asigna automáticamente los nombres BUS-1, BUS-2, BUS-3, etcétera.

Datos del sistema a simular:

- Transformador de 22,8 KV a 220/120 V de 75 kVA
- Dos conductores de calibre 1/0 AWG y un conductor de calibre 2/0 AWG
- Un ascensor de Potencia de 15 kVA
- Una bomba hidroneumática 5 Hp



El circuito global del diagrama unifilar se descompone en tres sub circuitos que representan las cargas eléctricas del edificio, cuyos datos han sido ingresados en el simulador.

Estudio de los flujos de potencia

El estudio del flujo de carga en un sistema eléctrico de potencia consiste en el análisis del sistema en régimen permanente y en situación equilibrada bajo unas condiciones determinadas de operación (un escenario de generación y demanda determinado y una determinada configuración de la red que interconecta a generadores y consumidores).

A través del estudio de flujos de carga se obtienen la magnitud y el ángulo de fase de la tensión, así como los flujos de potencia activa y reactiva en cada rama (líneas, transformadores), constituyendo una importante herramienta en la operación y planificación del sistema, ya que permite detectar situaciones como sobrecarga de líneas y transformadores, violación de los límites de tensión, etc.

Con los datos del sistema a simular procedemos a realizar la primera corrida de flujo, donde se detallan los problemas detectados y los reportes que arroja el analizador.

Factor de potencia en la carga:

La carga tiene un factor de potencia de 0.960 lo cual permite actividades normales de sistema eléctrico del edificio. No existen perturbaciones por lo que no es necesario utilizar banco de condensadores.

Tabla 3. 12: Factor de potencia en la carga

Total	kW	kVAR	kVA	PF
Generation in System	53	32	62	0.954
Load in System	51	30	59	0.960
Shunt Load in System	0	0		
Losses in System	2	2		
Check of Balance	0	0		

Fuente: Simulación EASY POWER

Conductores:

Los conductores no se encuentran en sobrecarga, tienen una reserva significativa del 90%.

El factor de Potencia de los Conductores se encuentran en 0,95, la regulación 004/01 señala que el factor de potencia debe estar en 0,92, por lo que se concluye que cumple la regulación.

Transformador:

Según el reporte, el transformador no se encuentra sobrecargado, y tiene una reserva del 39.37%, el 60,3% se encuentra utilizado. Estos datos coinciden con los obtenidos por el analizador de carga, que reflejan la realidad del aprovechamiento del transformador.

Tabla 3. 13: Carga en el transformador

Transformer				Load			
Name	From Bus Name	To Bus Name	Rated Amps	Load Amps	Loaded%	OverLoaded%	Comment
TX-2	BUS-1	BUS-2	262.4	158.2	60.3%	-39.7%	

Fuente: Simulación EASY POWER

3.6.- Descripción del sistema eléctrico del edificio ISTER.

El suministro de energía eléctrica del ISTER provee la Empresa Eléctrica Quito, EEQ S.A. por medio de un transformador de 75 kVA trifásico de 22,8 KV – 220/117V que se halla instalado en dos postes de hormigón en el exterior del edificio en la avenida Atahualpa 1701 junto a la entrada principal del instituto.

La acometida eléctrica es subterránea, llega al tablero principal ubicado en la planta baja en un lugar de fácil acceso. En el que se puede apreciar que no existe identificación en el tablero. No existe un diagrama unifilar pegado en la puerta. Cada termo magnético no se encuentra identificado con el circuito que comanda. Los térmicos que no están en uso, se deberían identificar con la leyenda LIBRE o DISPONIBLE.

En cada piso se hallan las cajas de distribución con las protecciones o breakers, que controlan y protegen los circuitos de iluminación y equipos eléctricos, de igual manera su identificación es pobre o no existe.

Los interruptores de cada oficina o aula, en ciertos casos, comandan hasta seis lámparas. Debería incrementarse la cantidad de los interruptores, como medida de ahorro energético.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DIRECCIÓN DE POSGRADOS Maestría Gestión de energías					
Instituto Tecnológico Rumiñahui					
Ubicación				Transformador	
Hora inicio	11:00	Hora final	12:00	Inspección	7 de 10
Instrumentos				Cámara fotográfica	
Fecha de ejecución		6/ 06/2016		Revisado por	Ing.
Contenidos: Imágenes del transformador trifásico					
Características del transformador					
Ubicación: Exterior del edificio ISTER					
Marca	Ecuatran				
Capacidad Nominal	75 KVA				
Numero de fases	3				
Tensión primaria	22800 V				
Tensión Secundaria	220-440				
Corriente primaria	1968 A				
Corriente secundaria	196,8 A				
Frecuencia	60Hz				
Operación MSNM	3000				
Peso total (Kg)	595				
Impedancia	4 ohmios		Transformador		
Observaciones: El mantenimiento está a cargo de la EEQ. La red trifásica del secundario del transformador baja hacia el pozo ubicado en el interior cerca a la base del poste.					

Figura 3. 7: Transformador trifásico

Elaborado: Autor

En la figura 3.7 podemos apreciar el transformador apoyado en dos postes de hormigón ubicados sobre la acera.

A continuación se presenta un resumen gráfico de las condiciones de iluminación tanto interna como externa en el instituto.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Maestría Gestión de energías

Instituto Tecnológico Rumiñahui

Ubicación				Cisterna	
Hora inicio	19:00	Hora final	19:30	Inspección	1 de 10
Instrumentos				Cámara fotográfica	
Fecha de ejecución		8/ 07/2016		Revisado por	Ing.
Contenidos: Imágenes de las condiciones de iluminación interior y exterior					



Pasillos iluminados durante el día



Aula con poca iluminación

Comentario: En la iluminación de interiores no existe control durante el día. En las aulas no existe suficiente iluminación en la noche.



Iluminación exterior del edificio

Comentario: La iluminación exterior se halla habilitada desde las 18:30 hasta las 22:00 horas en forma automática a través de un timer.

Figura 3. 8: Iluminación interior y exterior

Elaborado: Autor

3.7 Determinación de la carga del instituto

Para determinar la carga existente en el edificio se recorrieron todos los pisos, registrándose en cada dependencia y lugar los equipos y dispositivos eléctricos.

Tabla 3. 14: Carga eléctrica instalada en el ISTER

Ítem	Localidad	KW
1	Edificio principal	140,825
2	Edificio nuevo	21,588
3	Cargas extras (bomba, ascensor, otras)	21,269
4	Potencia total	183,683

Elaborado: Autor

En la tabla 3.14 se resume el levantamiento de carga en el cual se aprecia que la mayor carga eléctrica se halla en el edificio principal con 140,82 KW. El detalle completo de la carga total del instituto se describe en el anexo 2.

Evaluación de los niveles de iluminación de interiores

La medición de los niveles de iluminación que actualmente se encuentran en todas y cada una de las áreas del edificio se realizó en condiciones normales de servicio y operación del personal y equipo; donde el horario de trabajo es entre 8:00 a 21:30 h.

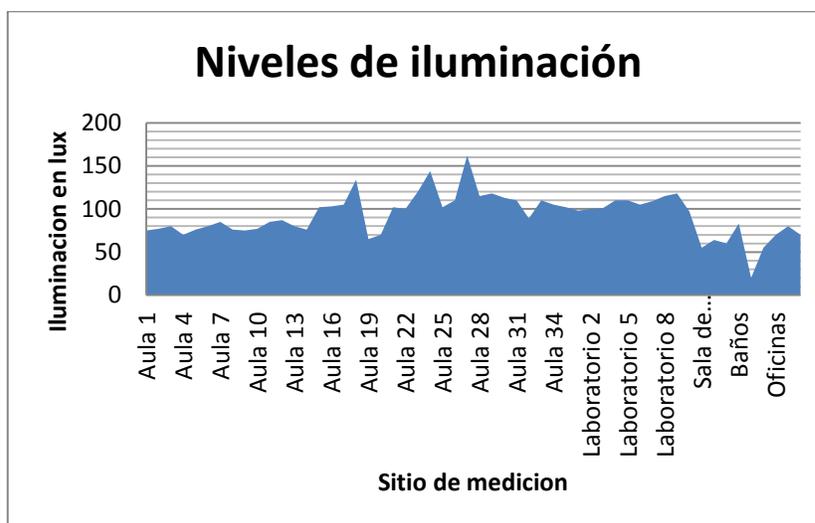


Figura 3. 9: Niveles de iluminación, obtenidos con el luxómetro DrMeter

Elaborado: Autor

En la figura 3.9 se indican los valores de iluminación, medidos en lux, considerando la altura del plano de trabajo. El valor máximo encontrado durante la noche fue en el aula 27 (162 lux), las áreas en general no cumplen con los niveles mínimos exigidos para la actividad.

3.7.1 Distribución de las luminarias

De acuerdo al plano unifilar elaborado en base a los elementos de iluminación existentes en el edificio se obtuvo la siguiente distribución:

Tabla 3. 15: Consumo energético por tipo de luminarias

Ítem	Tipo de luminaria	w	% potencia total de iluminación
1	Foco ahorrador	9120	20,79%
2	Lámpara fluorescente	19480	44,41%
3	Foco incandescente	12060	27,50%
4	Luminarias halógenas	3200	7,30%
5	Total general de potencia en iluminación	43860	100%

Elaborado: Autor

La tabla 3.15 resume los cuatro tipos de luminarias existentes en el edificio, las lámparas fluorescentes tienen el mayor peso en consumo (44,41%) de la potencia total consumida para iluminación.

3.7.2 Iluminación de aulas y oficinas

En el instituto las lámparas fluorescentes de 40 w de encendido rápido, conjuntamente con los focos ahorradores de 25w, son el medio para proveer iluminación para las diferentes aulas y oficinas, que son habilitadas desde un interruptor en cada aula u oficina.

Iluminación en gradas

La iluminación en gradas se lo realiza con focos ahorradores de 25 w, que son encendidos o apagados desde un tablero de breakers en cada piso, cuya ubicación se puede ver en los planos unifilares.

Iluminación de auditorio y salón de recepciones

En el quinto piso funciona el auditorio, la iluminación es con aproximadamente 166 focos incandescentes y en el salón de recepciones con 35 focos incandescentes de 60 w que directamente se habilitan desde una caja de breakers en el interior de cada salón.

Iluminación en patios y parqueaderos

La iluminación en los corredores exteriores, se la realiza con focos ahorradores de 25 w, y para la iluminación en parqueaderos y patios con reflectores de 250 w.

3.8. Energía consumida.

Población estudiantil

Con el fin de analizar la incidencia del aumento de la población estudiantil en el consumo eléctrico se tomó la información de las estadísticas institucionales del ISTER, consignada en el sistema de indicadores, el cual ha sido sumamente importante en el proceso de acreditación del instituto.

Tabla 3. 16: Población de los años 2014,2015 y 2016

Año	2014	2015	2016
Población estudiantil	1100	1085	1125
Tasa de crecimiento estudiantil			2,27

Elaborado: Autor

En la tabla 3.16 se indica la tasa de crecimiento importante de la población estudiantil entre los años académicos 2014 y 2016, en el año 2015 tiene una reducción de la tasa de población de alrededor de 1,4 %.

Tasa de crecimiento

Debemos conocer que tanto incide el aumento de la población estudiantil respecto al consumo de electricidad. Tomamos únicamente la población estudiantil, asumimos que la otra población del instituto (administrativos docentes, otros) varía muy poco. En la siguiente tabla indicamos este análisis.

Tabla 3. 17: Tasa de crecimiento

POBLACION VS CONSUMO	2014	2015	2016
Población estudiantil	1100	1085	1125
Tasa de crecimiento de la población			2,27
Consumo en kWh por año	63025	61549	66090
Tasa de crecimiento de consumo			4,86
Indicador de consumo Per Cápita del ISTER (kWh/año/estudiante)	57,30	55,35	58,75
Tasa de crecimiento de consumo			2,53

Elaborado: Autor

Según la tabla 3.17 que registra el consumo del instituto, este aumenta al crecer la población estudiantil. El consumo eléctrico per cápita (kWh-estudiante) varía en un 2,53% entre el año 2014 y 2016 semejante al incremento de la población 2,27%. Sin embargo, las planillas de consumo eléctrico en el 2015 tienen una tendencia a la baja.

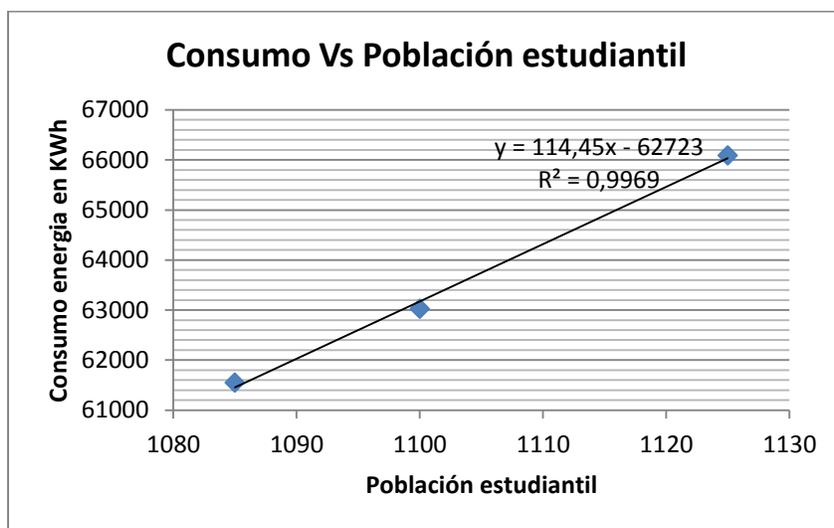


Figura 3. 10: Consumo de energía Vs población estudiantil del instituto

Elaborado: Autor

La correlación existente entre el consumo de energía eléctrica y el número de estudiantes, es linealmente progresiva, esto se puede apreciar a través del coeficiente de correlación o medida de la relación lineal entre estas dos variables $R^2= 0,99$.

También utilizando la recta de regresión se puede observar de mejor manera la correlación entre, estas dos variables, esta recta se la puede construir a partir de la siguiente ecuación:

$$y = 114,45x - 62723$$

Donde y representa los valores de la energía consumida en kWh y también se muestra, la población estudiantil tomando en cuenta para la pendiente de la recta de regresión.

Sensor de luz del día o fotocelda

Los pasillos de acceso a las aulas de grandes ventanales por donde ingresa gran cantidad de luz natural, sin embargo el control de encendido y apagado de iluminación de estas áreas depende del criterio de los conserjes de edificio.

Se propone instalar una fotocélula en cada piso que controle el encendido y apagado de las luminarias de los pasillos en función del nivel de iluminación natural existente.

Se recomienda eliminar los interruptores de encendido-apagado de cada planta realizando las maniobras de encendido y apagado manual desde el cuadro general de alumbrado de cada planta. La fotocélula gobernará el alumbrado por medio de un contactor tetrapolar instalado en un cuadro en montaje en superficie.

Para evitar que los pasillos queden totalmente apagados se recomienda sustituir los bloques autónomos de emergencias existentes por otros con lámpara permanente led. De esta manera, existirá siempre un alumbrado mínimo de seguridad.

Tendencia al uso de fluorescentes

En la tabla 3.7 (Distribución de luminarias), se puede apreciar que existe una gran tendencia a utilizar lámparas fluorescentes T12 de 40 w, pero en menor proporción aparecen las lámparas incandescentes de 60 w y focos ahorradores de 25 w.

Existen lugares con gran cantidad de iluminación artificial como lo es el salón de actos, en el que se podría utilizar durante el día la luz natural y en general en el edificio por la noche tratar de focalizar el uso de la iluminación con sensores de presencia, e implementar el cambio de los focos incandescentes con otra tecnología más eficiente.

Se observa que buena parte del consumo eléctrico, la iluminación es por medio de lámparas fluorescentes con 46% del total.

3.8.1 Registros de observación

Las labores diarias del personal de mantenimiento fueron las adecuadas al momento de poner en servicio los equipos de prueba, ya que los mismos tuvieron un trabajo satisfactorio durante la etapa de toma de muestras que se pudieron evidenciar en la ficha de observación realizada.

Tabla 3. 18: Ficha de observación en la toma de muestra de iluminación

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DIRECCIÓN DE POSGRADOS Maestría Gestión de energías Instituto Tecnológico Rumiñahui					
Ubicación			Edificio principal		
Hora inicio	8:00	Hora final	21:30	Inspección	9 de 10
Fecha de ejecución	08/07/2017		Revisado	Ing.	
Contenido	Ficha de observación en las pruebas realizadas con equipo analizador de redes y luxómetro				
Fecha	Área	Localización	Actividad	Horario	Comentarios
08/07/2017	Edificio ISTER	Aulas y oficinas	Verificar el funcionamiento de los sistemas de iluminación por medio de un luxómetro	8:00- 21:30	Los datos de iluminación obtenidos no cumplen con la norma. Oficinas piso 1
8/07/2017				8:00 - 21:30	No cumplen la norma iluminación. Aulas Piso 2.
9/07/2017				8:00 - 21:30	No cumplen con la norma las aulas piso 3
9/07/2017				8:00 - 21:30	No cumplen con la norma de iluminación. Aulas piso 4
10/07/2017				8:00 - 21:30	No cumplen con la norma de iluminación. Piso 5
10/07/2017				8:00 - 21:30	Muestras de iluminación no cumplen norma. Piso 1,2 y pasillos
14/07/2017				8:00 - 21:30	No cumplen norma de iluminación. Piso 3 y 4, pasillos.
15/07/2017				8:00 - 13:00	No cumplen norma. Piso 5
Comentarios: Se verificaron en el sitio niveles de iluminación. Datos de iluminación se hallan en el anexo 4					

Elaborado: Autor

En la ficha de observación, tabla 3.18, se verifica el funcionamiento del sistema de iluminación en cada sitio de actividad del instituto.

3.8.2 Encuesta de auto diagnostico

A continuación se realiza una encuesta de auto diagnostico que permite evidenciar los hábitos de consumo de los usuarios.

Tabla 3. 19: Encuesta de auto diagnóstico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DIRECCIÓN DE POSGRADOS Maestría Gestión de energías Instituto Tecnológico Rumiñahui						
Ubicación				Edificio principal		
Hora inicio	19:00	Hora final	21:00	Inspección	10 de 10	
Fecha de ejecución	12/07/2017			Revisado	Ing.	
Contenidos: ENCUESTA DE AUTODIAGNOSTICO						
•	Marque con una X cada una de las alternativas propuestas (SI,NO, NO SE)					
•	Para cada una de las respuestas SI multiplíquelas por 5					
•	Para cada una de las respuestas NO multiplíquelas por 1					
•	Sume únicamente para SI y NO el valor de las respuestas					
•	Adjudique su puntaje final al indicador de eficiencia					
MEDIDAS TÉCNICAS						
CONSUMO ELECTRICO				S I	N O	NO SE
1	¿Conoce cuál es la influencia de los sistemas de iluminación en la facturación total de energía eléctrica?				X	
2	¿Conoce los niveles de iluminación óptimos para cada área de trabajo?				X	
3	¿Conoce el consumo de energía de sus máquinas en cada área, lo relaciona con algún índice de producción?			X		
4	¿Conoce usted la importancia de identificar los niveles adecuados de voltaje para la operación de los diferentes equipos?			X		
5	¿Conoce la eficiencia de los equipos de oficina tales como impresoras, computadores?			X		
MEDIDAS DE GESTION Y FORMACION						
DOCUMENTACION E INFORMACIÓN						
6	¿Conoce la estructura actual y el consumo energético del instituto?			X		
7	¿Se documenta periódicamente los consumos de energía?				X	
8	Ha realizado alguna vez una auditoria eléctrica?			X		
RESPONSABILIDADES, PERSONAL Y FORMACIÓN						
9	¿Existe personal o un comité de evaluación técnica que permita el análisis y aprobación de los proyectos para el ahorro del consumo eléctrico?			X		

10	¿Se incorpora criterios de eficiencia energética en las inversiones a realizarse?	X		
11	¿Existe información al personal sobre las actividades y conceptos de eficiencia energética dentro del área de trabajo?		X	
12	¿Existe actualización y capacitación para las nuevas tecnologías?		X	
OPERACION Y MANTENIMIENTO				
13	¿Existen y están disponibles manuales de operación y mantenimiento, así como normas de seguridad industrial?		X	
14	¿Se apagan los equipos sin uso o fuera del horario de producción?	X		
15	¿Se realizan con regularidad inspecciones en todas las instalaciones eléctricas, puntos de mala conexión y falla de aislamiento?	X		
16	¿Existen mejoras en las diferentes áreas de producción, las cuales permitan optimizar los procesos y reducir los consumos de energía?	X		
SUBTOTAL		10X5 + 6X1 =56		
TOTAL		70%		
A 91-100	Felicitaciones, en su industria existe conciencia sobre el tema de eficiencia energética y se han tomado importantes medidas al respecto.			
B 71 -90	En su industria la eficiencia energética es considerado, sin embargo aún hay medidas que se deben desarrollar para alcanzar importantes niveles de ahorro.			
C 51-70	Existe preocupación por la eficiencia energética, sin embargo queda un alto potencial de mejoramiento , para obtener un control de gasto se sugiere analizar la estructura de consumo en su industria			
D 31- 50	Posee una mínima preocupación por la eficiencia energética , para descubrir los potenciales de ahorro y mejorarlos , se sugiere mejorarlo con un personal calificado			
E 0-30	Está perdiendo una gran oportunidad, existe una serie de alternativas que le permitirá utilizar eficientemente la energía y reducir sustancialmente su consumo.			

Elaborado: Autor

De acuerdo a los resultados del auto diagnóstico realizado existe preocupación por la eficiencia energética (70%) que se mantiene en el instituto, pero se puede mejorar y establecer medidas de control de gasto de la energía eléctrica.

Tarifa eléctrica

La facturación de energía eléctrica en el instituto, es de acuerdo al horario de funcionamiento que va desde las 7:00 horas hasta las 22:00 horas, y se factura en la categoría de baja tensión con demanda (tarifa G5), de acuerdo al pliego tarifario de la EEQ, con un valor de 0,088 USD.

CAPÍTULO 4

LA PROPUESTA

4.1 Título

Auditoría energética del sistema eléctrico del edificio del instituto tecnológico Rumiñahui de la ciudad de Sangolquí durante el año 2016 y su incidencia en el consumo de energía eléctrica. Diseño de un plan de implementación de medidas y acciones de eficiencia energética.

4.2 Justificación

En este proyecto de auditoría eléctrica en las instalaciones del ISTER, pretendemos analizar cuáles son las consecuencias del mal uso de la energía eléctrica y plantear soluciones que se implementen inmediatamente para disminuir el consumo eléctrico.

En la sociedad ecuatoriana son pocas las instituciones educativas que cuentan con una auditoría energética de sus instalaciones, los diferentes presupuestos que son utilizados para la institución no se canalizan para esta área, sino para otros fines como ascensos, promociones, capacitaciones, adiestramiento, seguridad.

En la actualidad el aumento de equipos de laboratorio tanto informático y electrónico por el consecuente incremento de estudiantes, son factores que predisponen a la administración del instituto a buscar respuestas sobre el consumo de energía eléctrica.

El mal uso de la energía eléctrica pueden convertir a las instituciones educativas en blanco directo de problemas energéticos y cuyo resultado puede derivar en la alteración o suspensión de las actividades educativas propias del instituto. Con el fin de prevenir estos inconvenientes, es indispensable realizar un estudio detallado de los índices y variables de la energía eléctrica en el instituto mediante mediciones de campo con el equipo apropiado, que nos permita hacer un análisis pormenorizado de la causas y origen de las variaciones de voltaje, corriente o frecuencia que provocan fallas indeseables e impredecibles, así como la mala operación de los equipos que utilizan esta red cuyo mal funcionamiento se refleja en el incremento del costo de la planilla mensual de energía eléctrica.

Sin embargo, es el personal docente, administrativo y los estudiantes, quienes según su criterio necesitan conocer medidas y acciones de eficiencia energética, en este sentido una investigación enfocada en la gestión energética, es un estudio que a pesar de ya haberse considerado en la Institución, aún no se ha trabajado en ello por falta de recursos humano - técnicos.

4.3 Objetivos

Objetivo General

Diseño de un plan de implementación de medidas y acciones de eficiencia energética, para el Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui.

4.3.1 Estructura de la propuesta

La propuesta está estructurada en la siguiente manera:

Alternativa para disminuir el gasto de energía eléctrica como medida y acción de eficiencia energética.

4.3. 2 Desarrollo de la propuesta

La instalación de las lámparas LED en las instalaciones industriales, se hace por tres razones fundamentalmente:

- a. Es menos contaminante: no tiene mercurio ni tungsteno. Además, reduce las emisiones de CO₂ en un 80%.
- b. Tiempo de vida más largo: hasta 45.000 horas de uso (más de 15 años, si la encendemos unas 8 horas al día), con un mantenimiento mínimo.
- c. Ahorro energético (por el motivo anterior, consumen hasta un 85% menos que las bombillas tradicionales).

4.4. PROPUESTA

Propuesta para ahorrar energía

4.4.1 Metodología para ahorrar energía eléctrica

En base a la experiencia obtenida en la etapa investigativa se han establecido parámetros a seguir para tener mejores resultados utilizando menores recursos en la parte operacional

como es el mantenimiento eléctrico, consumo eléctrico y la consecuente reducción de la planilla eléctrica. Razón por la que se procede a la implementación de lámparas LED en el edificio que funciona este centro educativo.

4.5 Potencia de pérdidas

Análisis técnico económico de la implementación del Proyecto

Ahorro energético al implementar las soluciones propuestas

Cálculo de Pérdidas:

Pérdidas Iniciales=1,8 kW

Pérdidas iniciales:

Tabla 4. 1: Pérdidas iniciales

From Bus		To Bus		Losses	
Name	Base kV	Name	Base kV	kW	kVAR
BUS-1	22.800	BUS-2	0.220	1.0	1.7
BUS-2	0.220	BUS-5	0.220	0.4	0.2
BUS-4	0.220	BUS-3	0.220	0.1	0.0
BUS-4	0.220	BUS-7_D	0.220	0.0	-0.0
BUS-5	0.220	BUS-11	0.220	0.1	0.0
BUS-5	0.220	BUS-10	0.220	0.1	0.0
BUS-5	0.220	BUS-4	0.220	0.2	0.0
Total System Losses				1.8	1.9

Fuente: Simulación EASY POWER

Pérdidas Iniciales en hora pico=1,8 kW

Pérdidas totales=1,8 kW

Cálculo de las pérdidas de energía.

*Pérdidas de energía = Pérdidas en valor en kw * días * horas*

$$\text{No de horas de carga equivalentes (EH)} = \frac{\text{Energía total consumidas en un periodo (kWh)}}{\text{Carga máxima (kW)}}$$

Carga máxima = 28,24 kW, valor obtenido suma de las tres fases

Energía total consumida en un periodo (KWh) = 291,3 kWh, suma de potencias máximas

No de horas de carga equivalentes (EH)= 10,31 h

Pérdidas de Energía=Pérdidas totales en kW*semanas*horas

Pérdidas de Energía=1,8kW*4 semanas*10,31 horas

Pérdidas de Energía= 74,23 kWh/mes

Se multiplica la Energía por el costo del kWh este valor es tomado del pliego tarifario

Tabla 4. 2: Cargos tarifarios

CARGOS TARIFARIOS			
ENERO - DICIEMBRE **			
RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)
NIVEL TENSIÓN	BAJA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA		
	COMERCIALES E INDUSTRIALES		
07h00 hasta 22h00	4,182	0,088	1,414
22h00 hasta 07h00		0,070	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS		
	SERVICIO COMUNITARIO, AUTOCONSUMOS Y ABONADOS ESPECIALES		
07h00 hasta 22h00	4,182	0,078	1,414
22h00 hasta 07h00		0,064	

Autor: Pliego tarifario EEQ

Costo por pérdidas=74,23 kWh /mes*0.088USD/KWh

Costo por pérdidas= 6,53 USD/mes

Costo por pérdidas=6,53USD/mes*12 meses/año= 78,38 USD/año

4.6.- Propuesta de iluminación con lámparas LED

Las lámparas fluorescentes que son las que más se utilizan en la institución, en lo posible cambiarlas por lámparas LED, dependiendo del sitio, que son de mayor eficiencia tienen una vida útil más larga y consumen menos energía eléctrica que las instaladas y producen la misma cantidad de luz.

Comparación fluorescente y LED

Tabla 4. 3: Comparación Fluorescentes con lámparas LED

Luminaria (Philips)	Flujo (lumen)	Eficiencia (lm/w)	Vida media (hora)	Potencia (W)
SM 461VW17L169 1XLED 40S/830	4000	125	25000	35,5
TL-M RS 40W 33-640 Fluorescente	2850	71	13000	40,00

Elaborado: Autor

Para la comparación se ha utilizado dos lámparas de la misma procedencia de fabricante. En la tabla debemos tomar en cuenta que las luminarias en el instituto están conformadas por dos tubos fluorescentes cada uno de 40w.

Características generales de las lámparas LED

Lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general

- Poseen una vida útil hasta 25.000 horas
- Mayor confort visual desde el principio, sin parpadeo en la luz
- Tiempos de montaje reducidos
- Factor de potencia $\geq 0,9$

Lámpara LED escogida

- Luminaria LED adosable o suspendida
- Temperatura de Color: 830⁰ K
- Flujo luminoso: 4000 lm
- Potencia : 35,5 w

4.6.1 Calculo del número de lámparas

Tabla 4. 4: Resumen de cálculo de lámparas LED

Ítem	Sitio	S (m ²)	a (m)	b(m)	K	(K+2) ²	Em (lux)	Cu	Cm	ØT(lumen)	ØL(lumen)	NL
1	Aula 1	47,04	5,6	8,4	1,53	12,46	300	0,6042	0,9	25951,7	4000	6,00
38	Laboratorio 1	37,62	5,7	6,6	1,39	11,49	300	0,58	0,8	24323,28	4000	6,00
58	Rectorado	47,04	8,4	5,6	1,527	12,44	200	0,6	0,9	19600	4450	4,00

Elaborado: Autor

Ver el anexo 4, cuadro completo de cálculo de número de luminarias NL.

4.6.2 Análisis financiero para las lámparas LED

De los datos obtenidos en el levantamiento, realizamos el siguiente análisis:

Tabla 4. 5: Resumen de la propuesta de iluminación con lámparas LED

LAMPARAS LED	Cantidad	Pn (w)	Total(w)
Potencia Total Lámparas LED (Propuesto)	368	35,5	13064
Potencia Total Lamp. Fluorescente (Existente)	445	80	35600
	Diferencia		22536
Focos ahorradores existentes (cambio)	142	15	2130
Total de Ahorro (w)			24666
Ahorro en kWh al mes			1973,28
Ahorro kWh al año			23679,36
Ahorro USD al mes			173,64
Ahorro USD al año			2083,78

Elaborado: Autor

De acuerdo a los cálculos realizados en el anexo 4 las cantidades de lámparas a ser cambiadas para la propuesta de ahorro de energía en el edificio son como se indica en la tabla.

Tabla 4. 6: Luminarias consideradas para el cambio de luminarias LED

Producto	Cantidad	Precio unitario USD	Precio Total USD
Luminaria LED	368	21,998	8095,264
Desmontar	445	0,73	324,85
Instalar	368	4,38	1611,84
		Subtotal	10031,95
		IVA 12%	1203,83
		Total	11235,78

Elaborado: Autor

Para el cambio correspondiente se contabilizaron 368 luminarias LED y se requiere una inversión de 11235,78USD.

Tabla 4. 7: Resumen de consumo de energía y ahorro

Ahorro total de potencia kW	Ahorro total de energía kWh al año	ahorro total año (USD)	inversión total USD
24,666	23679,36	2083,78	11235,78

Elaborado: Autor

El ahorro de 23679,36 kWh de energía genera un ahorro económico de 2083,78 USD en el año.

Datos financieros para la instalación de las lámparas LED propuestas

Ahorro anual $V_t = 2083,78$

Inversión $I_o = 11343,71$

Tasa de descuento $TD = 12\%$

Periodos $n = 10$

Obtenemos:

$VAN = 4746,68$

$TIR = 13\%$

Periodo de recuperación de la inversión PSR

Mide en cuanto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente, es decir, nos revela la fecha en la cual se cubre la inversión inicial en años, meses y días, para calcularlo se utiliza la siguiente Fórmula:

$$PRI = \frac{\text{Inversión de capital}}{\text{Ahorros anuales netos}}$$

$$PSR = \frac{11343,71}{2083,78}$$

$PSR = 5,44$

El periodo de recuperación aproximado es de 5 años y medio.

Con los resultados obtenidos podemos indicar que el proyecto de reemplazar las lámparas fluorescentes con lámparas LED, es factible.

Modelación de iluminación utilizando con Dialux

Para valorar el resultado de esta sustitución de equipos se ha realizado una simulación de un aula tipo del edificio manteniendo las características de instalación actuales, debiendo

cumplir el nivel lumínico aproximado de 300 lux en el plano útil, obteniendo los siguientes resultados:

Hoja de datos de luminaria LED

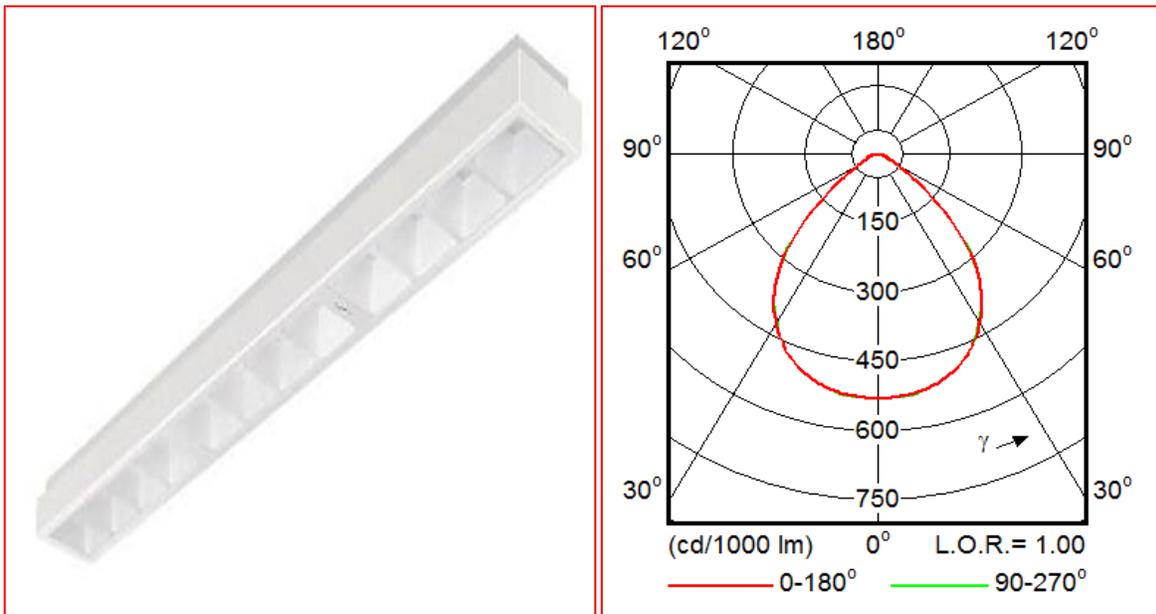


Figura 4. 1 Lámpara LED y diagrama polar

Elaborado: Autor

En la figura se aprecia la representación física y el diagrama polar de la lámpara LED a utilizarse.

Datos: Luminaria LED Philips
Nombre en catálogo: Power balance Surface mounted
Código de catálogo : SM 461VW17L169 1XLED 40S/830
Color: 830
Flujo: 4000 lm
Potencia : 35,5 w

A continuación se indica los resultados de la simulación en un aula iluminada con 6 lámparas LED.

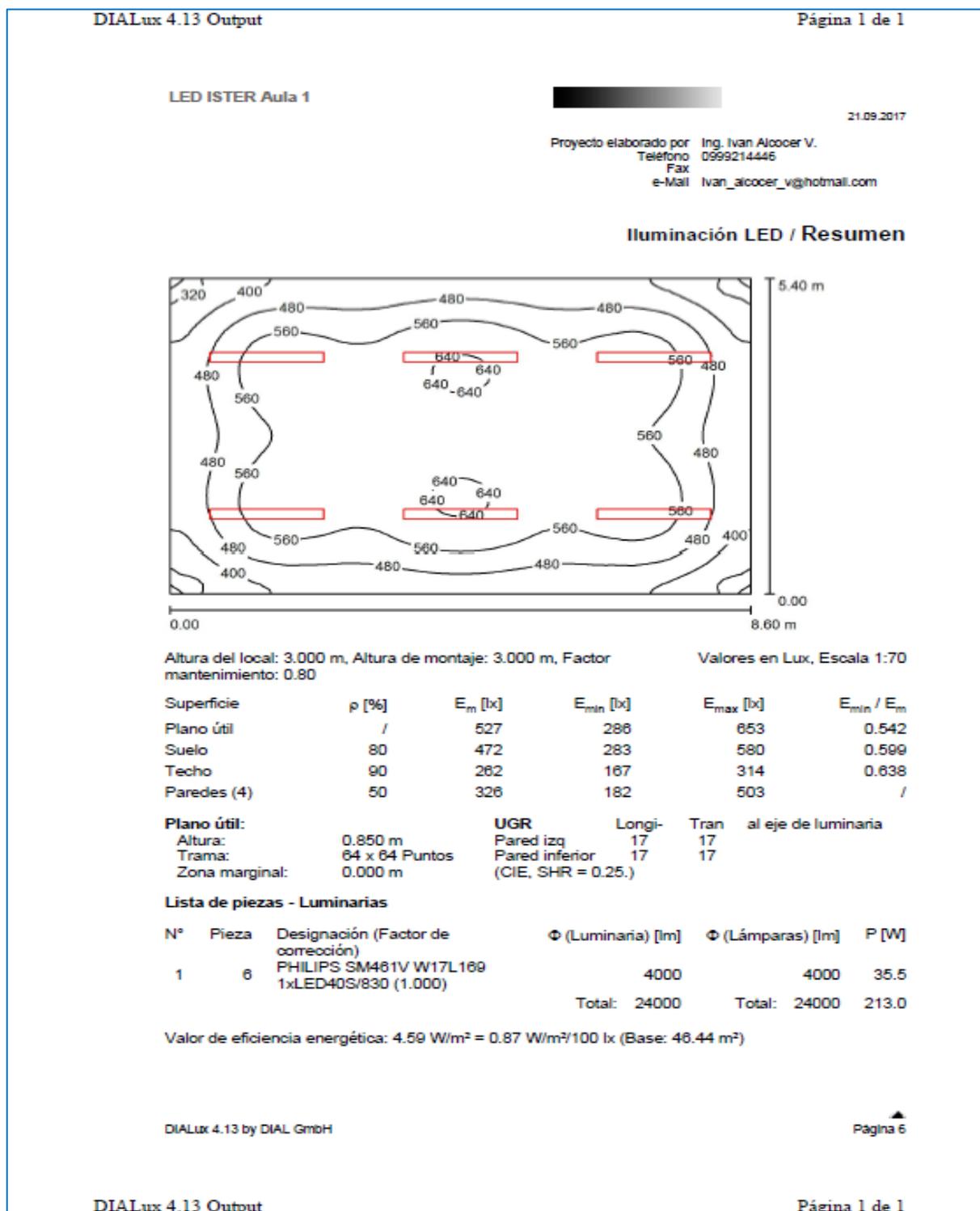


Figura 4. 2 Resultados medición DIALux con niveles de iluminancia E_{min} y E_{max}

Elaborado: Autor

Los datos ingresados nos permiten ver que la intensidad luminosa Emin en el plano útil es 286 lux, utilizando lámparas LED de 35,5 w que tienen un flujo luminoso de 4000 lumen.

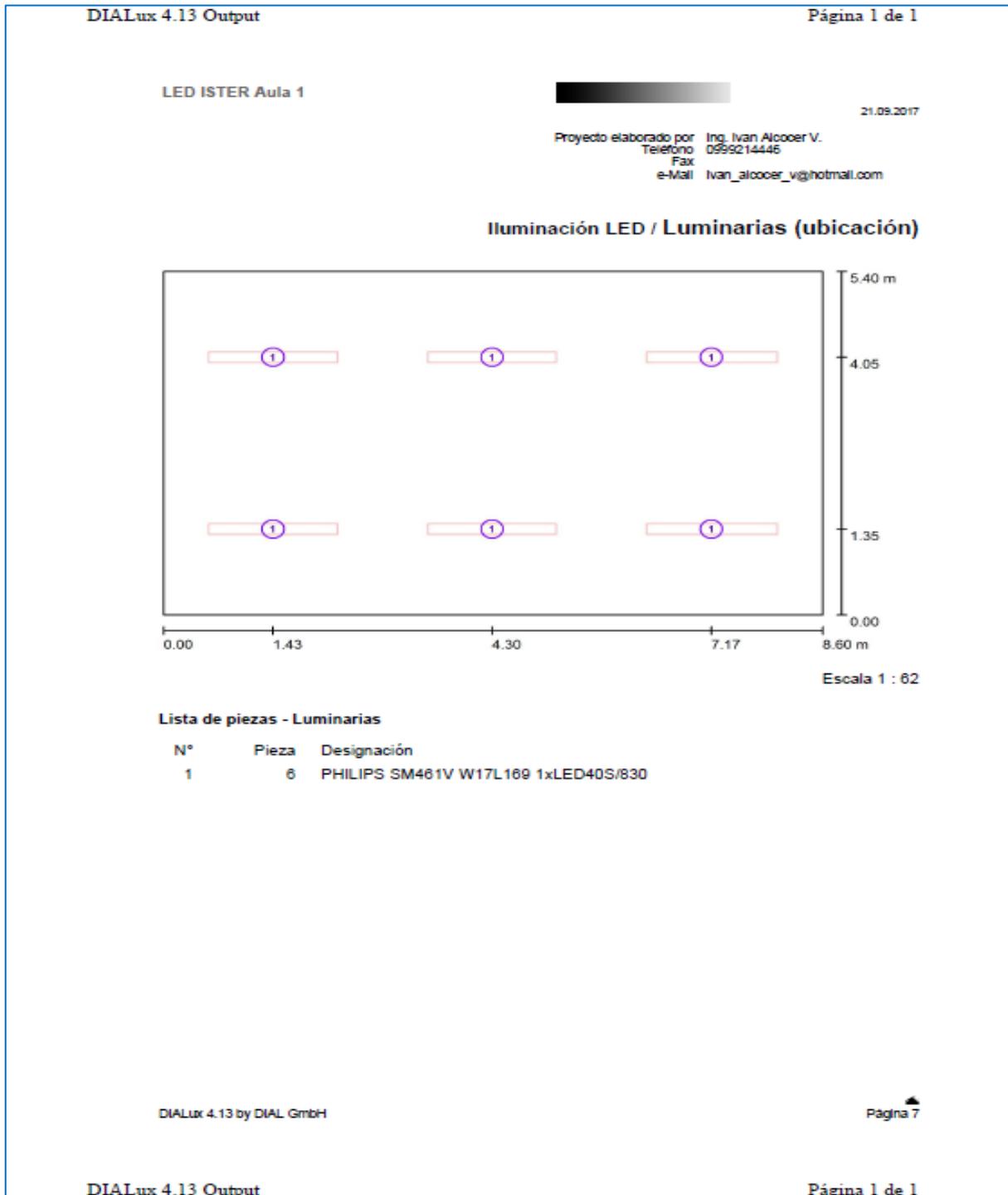


Figura 4. 3: Posición de las luminarias

Elaborado: Autor

En esta figura se observa la ubicación que tendrían las lámparas LED dentro del aula.

En el anexo 6 se indica la simulación de los demás sitios que serán cambiados a lámparas LED.

4.6.3 Efectos (Técnicos, Sociales, económicos)

Factibilidad operativa

La propuesta de mejorar el sistema de iluminación permitirá reducir el consumo de energía eléctrica en el instituto, esto es cambiando a una tecnología actualizada con equipos de mayor rendimiento como son las lámparas LED.

Por otra parte el buen funcionamiento de estas nuevas luminarias estará supeditado a la capacidad de los miembros encargados del departamento de mantenimiento, razón por la cual se garantiza el pleno entendimiento y manejo del equipo en cuestión.

Factibilidad económica

El estudio realizado al sistema de iluminación económicamente es factible, debido a la disminución de consumo eléctrico, ya que la inversión que se está realizando es justificada por la ganancia que se generará. Para el cálculo del flujo financiero se consideraron los indicadores el TIR y el VAN. Mediante estos indicadores se determinó si tomando en cuenta todos los costos y todos los beneficios, el proyecto es económicamente factible.

4.7 Campaña de ahorro y eficiencia energética

El Sistema de Gestión Energética (SGE) se basa en el ciclo de mejora continua, o también llamado la rueda de Deming: Planificar-Ejecutar-Verificar-Actuar. (AEC, 2016).

La campaña de ahorro y eficiencia energética apuesta por el beneficio que se obtiene a través de la unión de esfuerzos individuales. Cambiar pequeños hábitos de consumo de la sociedad conlleva grandes ventajas: reducimos la contaminación, consumimos menos energía, ahorramos económicamente y conseguimos una mejor calidad de vida, obteniendo un instituto con un entorno más saludable y respetuoso.

Está demostrado que mejorar el rendimiento energético ayuda a la empresa a maximizar sus activos energéticos, reduciendo así el costo y el consumo de energía.

La campaña incluye medidas técnicas y otras administrativas, todas ellas buscan la concienciación y conllevan un esfuerzo por parte de la comunidad universitaria de comprensión y participación activa.

4.7.1 Implementación de medidas y acciones de eficiencia energética.

Con base a los resultados alcanzados, y teniendo en cuenta los aspectos que generan el mayor impacto en el consumo energético del Instituto, se proponen las siguientes alternativas para minimizar y/o controlar dicho impacto:

Actividades administrativas

- Los usuarios de la energía eléctrica en el instituto, no conocen del ahorro y conservación de la energía, por tal motivo una de las medidas administrativas de ahorro son las de capacitar al personal acerca de la importancia de la eficiencia energética.
- Colocación de carteles informativos sobre ahorro de energía eléctrica

Actividades técnicas

- Colocar sensores de movimiento que activen las lámparas ubicadas en los pasillos, ya que estas permanecen encendidas la mayor parte del tiempo aún sin necesidad.
- En las oficinas y aulas se debería analizar previamente la ubicación de los escritorios y pupitres de las luminarias, ya que se observó durante la realización del proyecto que algunas aulas, no siempre están ocupadas completamente sino que permanece en ella una sola persona, pero están encendidas las lámparas de toda el área porque pertenecen al mismo circuito eléctrico. De tal manera que se propone instalar circuitos aislados que separen las lámparas de los cuadrantes de las aulas para que estas solo se enciendan cuando se requieran.

Diseño actual: El control del conjunto de lámparas se lo hace con un solo interruptor

Diseño propuesto: El control de las lámparas eléctricamente se lo debe realizar con dos interruptores.

- Apagar los equipos de computación mediante el almuerzo, así como en las horas de no uso.
- Apagar las luminarias que no son necesarias para aprovechar la luz del día, así como en la hora de almuerzo, al terminar la jornada de trabajo y los fines de semana,.

- El monitor es el periférico que más consume, por lo tanto, para pausas cortas es recomendable desconectar la pantalla de su PC o programarlo en el sistema de ahorro de energía. El único salva pantallas que ahorra energía es aquel que deja la pantalla en negro, proporcionando un ahorro de 7,5 kWh aproximadamente en comparación con un salva pantallas de animación.

Las ventajas que directa e indirectamente obtienen todos los departamentos implicados en el proceso de toma de decisión van más allá del mero ahorro económico y energético.

Modelo de gestión energética

Establece los requisitos que debe poseer un Sistema de Gestión Energética, con el fin de realizar mejoras continuas y sistemáticas del rendimiento energético de las organizaciones.

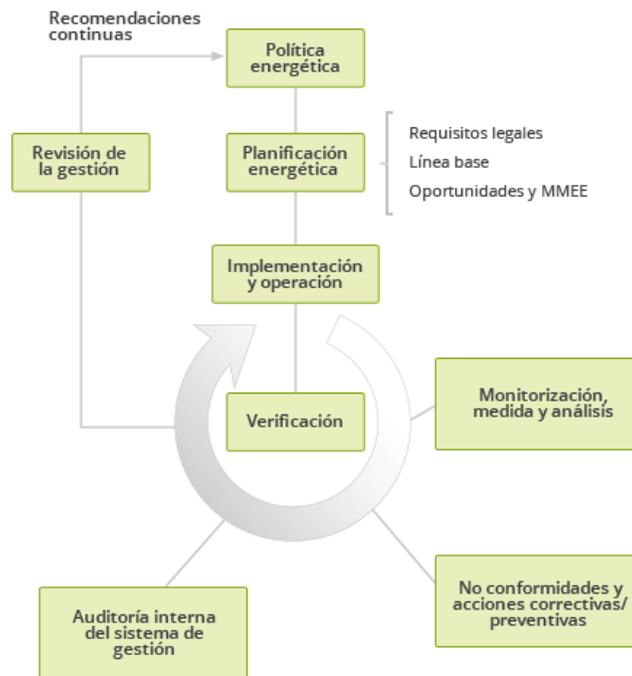


Figura 4. 4: Modelo de gestión energética

Fuente: Norma ISO 50 001

Las medidas de mejora de eficiencia energética MMEE son parte del proceso de planificación estratégica en el instituto que permiten implementar un sistema de gestión energética.

Manual de procesos

Política energética

Este apartado, analiza la situación actual del sistema eléctrico del instituto y se plantean diferentes alternativas en busca de la eficiencia energética, a través de acciones, programas y estrategias, las cuales se constituyen en importantes herramientas de la política energética del Instituto Superior Técnico Rumiñahui.

El Ister, cumpliendo con lo establecido en los artículos de la Constitución, referidos en el numeral 1.4 del capítulo 1 de este documento, ha asumido el compromiso de impulsar e implementar una serie de medidas tendientes a mejorar el aprovechamiento de los recursos energéticos con eficiencia.

Establece la política de: “Ahorro de energía eléctrica bajo criterios de calidad y sustentabilidad”, bajo los siguientes lineamientos:

1. Incentivar el uso eficiente y el ahorro de energía, sin afectar la cobertura y calidad de sus productos y servicios.
2. Analizar la viabilidad de instalar lámparas LED en sustitución de las lámparas fluorescentes.

Planificación Energética

Basado en la experiencia adquirida en la investigación sobre el consumo de energía eléctrica en el instituto, surge el Plan de Eficiencia Energética para el ISTER 2016 - 2020, el cual, busca cumplir con los objetivos planteados en este documento. El plan se constituye por una línea de acción definida para el sector iluminación, y definiendo metas para el cumplimiento en los próximos cinco años.

Sector iluminación

El sector iluminación, representó en 2016, el 31,1% de la demanda de la carga instalada, por lo cual, su incidencia como actor de la implementación de planes de eficiencia energética, es de un alto impacto en la demanda total. Para focalizar las acciones a realizarse en este sector, se debe tener el conocimiento sobre el mantenimiento de los dispositivos de iluminación.

Mantenimiento de luminarias

La iluminancia inicial proporcionada por la instalación disminuye de manera gradual con el tiempo debido al uso, disminución de los lúmenes de las lámparas, a la suciedad del sistema, etc. Pero es posible mantener la iluminancia sobre un mínimo si se limpian las lámparas y luminarias, se reemplazan las lámparas quemadas o gastadas. Es decir, si se establece un programa de mantenimiento de la instalación.

Instrucciones de limpieza para luminarias

Instrucciones de seguridad:

- Antes de limpiar las luminarias, desconecte la alimentación eléctrica.
- Las luminarias no deben desconectarse sin cortar la alimentación eléctrica previamente. En el caso de las luminarias led, los ledes podrían dañarse.

Generalidades:

- No utilice detergentes que contengan COV (compuestos orgánicos volátiles) para limpiar las luminarias led.
- Utilice siempre guantes de tela para evitar dejar huellas dactilares.

Para mantener el mínimo valor permitido establecido para el que se diseña el sistema, es necesario realizar un mantenimiento adecuado del sistema completo: limpiar el conjunto lámpara-luminaria o cambiar las lámparas que no funcionan con una cierta frecuencia, etc.

Implementación y operación

Sustituir progresivamente la iluminación que actualmente usan fluorescentes por lámparas LED que supondrán un ahorro en la factura de la luz y serán más ecológicas.

Verificación

La verificación del funcionamiento adecuado estará a cargo del área de mantenimiento técnico del instituto y del área administrativa a través de la revisión de las planillas eléctricas.

Retroalimentación

Informar de la evolución del programa de cambio de luminarias LED con el fin de mejorarlo si los objetivos que nos hemos propuesto no se han conseguido.

4.7.2 Cronograma

Tabla 4. 8: Cronograma de actividades propuesta para cambio de luminarias

Cronograma de actividades de la propuesta	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACTIVIDADES																								
Compra de equipo y mobiliario	■	■	■																					
Contratación de personal del área			■																					
Capacitación del personal contratado			■	■																				
Revisión de Instalaciones eléctricas				■	■																			
Instalación de luminarias					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Pruebas de funcionamiento					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Rendimiento: 12 lámparas/día																								
Tiempo: 20 días																								
Total de lámparas a instalar: 368																								

Elaborado: Autor

4.7.3 Plan de acción

Para la implementación de un plan de acción, es necesario realizar un diagnóstico del consumo eléctrico del instituto, para lo cual es necesario utilizar la tabla 4.9

Tabla 4. 9: Diagnóstico del consumo eléctrico en el ISTER

Contexto	Si	No	Parcialmente	Comentarios
Existe un plan de ahorro de energía eléctrica en el Ister				
Las políticas y medidas de ahorro de energía, se hacen conocer a los estudiantes , administrativos y docentes				
Se promueve el apagado de luces y equipos cuando no están en uso, ya sea mediante comunicaciones o dispositivos multimedia				

Elaborado: Autor

En la tabla se priorizan las actividades más importantes para cumplir con el objetivo de ahorro de energía eléctrica, que deberán seguir las autoridades y alumnos del ISTER.

Ahorro estimado

El consumo estimado del Instituto, utilizando la carga instalada, 1973,28 kWh para un escenario mensual sin tomar ninguna política de ahorro de energía eléctrica de 80 horas.

Este consumo equivaldría a una factura para el mes de \$173,28 y en el año \$2083,78.

Si utilizáramos algunas de estas medidas sugeridas en este documento u otras, se podría pensar en un escenario de 176 horas/mes, es decir un consumo de 8 horas diarias. Este valor es estimado considerando las horas del mediodía y que las aulas no todas están ocupadas.

El consumo equivaldría a 3936 kWh, correspondiente a una factura para el mes de enero de 2016 de \$346,4.

Por lo anterior concluimos, que el ahorro estimado para el instituto, si se implementa algunas medidas de eficiencia energética sería de \$173,28.

Conclusiones

- El objetivo de realizar la auditoria en el instituto Tecnológico Superior Rumiñahui nos ha permitido conocer el consumo de energía eléctrica.
- Al aplicar rutinas de eficiencia energética a los circuitos de iluminación, es posible a corto plazo y de manera sencilla, más económica y con un retorno de inversión de menor tiempo.
- De acuerdo a los resultados de las pruebas realizadas el balance de fases se halla dentro de la norma (menor a 5%).
- El factor de potencia cumple con los valores establecidos en la Regulación CONELEC – 004/01, el FP > 0,92.
- Se observa (cuadro 3.17) que el consumo per cápita es de alrededor de 58,75 kWh/estudiante, lo que podría indicar acciones de ahorro, de acuerdo con acciones enmarcadas dentro de la propuesta.

Recomendaciones

1. Crear una oficina o unidad especializada en el tema del operación y mantenimiento eléctrico del instituto.
2. Realizar un análisis periódico de la facturación del consumo de energía eléctrica.

3. Realizar un acuerdo sobre el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.
4. Crear recursos para realizar una consultoría en auditoría eléctrica el consumo de energía eléctrica
5. Proponer una regulación interna para promover determinados patrones de conducta.
6. Elaborar un manual de eficiencia energética.
7. Instalación en los circuitos de iluminación en pasillos y patios, de sensores de presencia.
8. Hacer el cambio de luminarias fluorescentes por luminarias de mayor rendimiento.

BIBLIOGRAFIA

1. A.Castejon y G. Santamaria. (1993). *Tecnología eléctrica*. McGraw-Hill.
2. AEC, A. e. (2016). *www.aec.es*. Recuperado el 2016, de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/sistemas-de-gestion-energetica>.
3. ANANTA. (2015). Auditoría eléctrica. *Soluciones industriales*.
4. ARCONEL. (2016). *TARIFAS ELECTRICAS*. QUITO.
5. Bayas, B. r. (2009). La tarifa horaria en el Ecuador como incentivo de eficiencia energética. *Revsita politecnica*, 53-68.
6. bulbsdepot. (2014). Diferencias entre T5 T10 y T12. *Bulbsdepot*.
7. Definicion.de. (2003). *Definición.de*. Obtenido de <http://definicion.de/potencia/>
8. ELREN. (2007). *www.elren.net*. Obtenido de ISBN: 978-0-9546561-2-6
9. energética, A. c. (2010). *AChEE*. Obtenido de <http://www.acee.cl/eficiencia-energetica/ee>
10. Enforce. (2007). *Enforce*. Obtenido de <http://www.enforce-ee.eu/esp/proyecto/el-proyecto-enforce/>
11. Galeon. (2009). *Energía*.
12. ingenieros, N. (20 de 05 de 2014). *Navartec.com*. Obtenido de http://navartec.com/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=24
13. J.Roger,M.Riera y C.Roldan. (2000). *Tecnología eléctrica*. Sintesis D.L.
14. Jimenez, C. (1997). *Manuales de luminotecnia*. Ceac, D.L.
15. Laurencio, D. H. (2013). Energía Hidráulica. En D. H. Laurencio, *Energía hidrpaulica*. Moa.
16. Lighting, G. (2010). ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. *Iluminacion*, 25-26.
17. LLoa, G. a. (2012). *Plan de ordenamiento y desarrollo territorial de la Parroquia de LLoa 2012-2025*. Quito.
18. OLADE. (2010). Manual de evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales. *OLADE*, 160-168.
19. OLADE. (2011). *Consumo energetico*. Quito.

20. Perez Alvarez, B. L. (2008). Eficiencia energetica de edificios. En B. L. Perez Alvarez, *Eficiencia energetica de edificios*.
21. Philips. (2002). Philips lighting. *Catalogos*.
22. Philips. (s.f.). Philips standart lamps. En Gluehbime.
23. Plastigama. (12 de 06 de 2014). *Plastigama*. Obtenido de www.plastigama.com.ec
24. Rodriguez, Castro, & Alberto. (2009). *Hidráulica básica*. México: Universidad de Michoacán.
25. Rumiñahui, G. (2009). Sangolqui. *Canton Rumiñahui*.
26. SEMPLADES. (2013). *Plan del buen vvir*.
27. Significados. (2005). *Significados.com*. Obtenido de <http://www.significados.com/ibidem/>
28. sinceo. (16 de junio de 2015). www.sinceo2.com.
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.
32. Thales, & Cica. (02 de 05 de 2009). *Thales_Cica*. Obtenido de http://www.jenijos.com/CENTRALESHIDROELECTRICAS/centrales_hidroelectricas.htm
33. Viani, B. (1995). *Micro centrales hidroeléctricas, una introducción al trabajo de campo*. Lima: ITDG.
34. Villavicencio-Villablanca. (25 de 10 de 2012). *INIA-URURI*. Obtenido de http://platina.inia.cl/ururi/informativos/Informativo_INIA_Ururi_50.pdf
35. Wikipedia. (s.f.). *wikipedia*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Zimbra>
36. www.sinceo2.com. (2011). *auditoria-energetica*. Obtenido de www.sinceo2.com/auditoria-energetica.
37. www.sinceo2.com/auditoria-energetica. (2015). *www.sinceo2.com/auditoria-energetica*. Obtenido de www.sinceo2.com/auditoria-energetica.

ANEXO 1: Diagrama unifilar por piso

ANEXO 2: Levantamiento de cargas (instalaciones por piso)

ANEXO 3: Simulación en Easy Power

ANEXO 4: Numero de lámparas

ANEXO 5: Datos obtenidos con el analizador de Carga

ANEXO 6: Simulación de iluminación

ANEXO 7: Unifilar corrida de flujos